



Уральский государственный  
аграрный университет

# АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

**AGRARIAN BULLETIN  
OF THE URALS**

**2022  
№01 (216)**

ISSN (print) 1997-4868  
e ISSN 2307-0005

**Сведения о редакционной коллегии**

**И. М. Донник** (главный редактор), академик РАН, вице-президент РАН (Москва, Россия)  
**О. Г. Лоретц** (заместитель главного редактора), ректор Уральского ГАУ (Екатеринбург, Россия)  
**П. Сотони** (заместитель главного редактора), доктор ветеринарных наук, профессор, академик Венгерской академии наук, академик Польской медицинской академии, ректор, Университет ветеринарной медицины Будапешта (Будапешт, Венгрия)

**Члены редакционной коллегии**

**Н. В. Абрамов**, Государственный аграрный университет Северного Зауралья (Тюмень, Россия)  
**В. Д. Богданов**, член-корреспондент РАН, Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук (Екатеринбург, Россия)  
**В. Н. Большаков**, академик РАН, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина (Екатеринбург, Россия)  
**О. А. Быкова**, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)  
**Б. А. Воронин**, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)  
**Э. Д. Джавадов**, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт птицеводства (Ломоносов, Россия)  
**Л. И. Дроздова**, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)  
**А. С. Донченко**, академик РАН, Институт экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока (Новосибирск, Россия)  
**Н. Н. Зезин**, Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Екатеринбург, Россия)  
**С. Б. Исмуратов**, Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова (Костанай, Казахстан)  
**В. В. Калашников**, академик РАН, Отделение сельскохозяйственных наук РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства (Рязань, Россия)  
**А. Г. Кошцаев**, Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия)  
**В. С. Мымрин**, ОАО «Уралплемцентр» (Екатеринбург, Россия)  
**А. Г. Нежданов**, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии Россельхозакадемии (Воронеж, Россия)  
**М. С. Норов**, Таджикский аграрный университет имени Шириншо Шотемур (Душанбе, Таджикистан)  
**В. С. Паштецкий**, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма (Симферополь, Россия)  
**Ю. В. Плуатарь**, член-корреспондент РАН, член Совета при Президенте Российской Федерации по науке и образованию, начальник Отдела РАН по взаимодействию с научными организациями Крыма и города федерального значения Севастополя, Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН (Ялта, Россия)  
**А. Г. Самоделькин**, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия (Нижний Новгород, Россия)  
**А. А. Стекольников**, Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины (Санкт-Петербург, Россия)  
**В. Г. Тюрин**, Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии (Москва, Россия)  
**И. Г. Ушачев**, академик РАН, Всероссийский НИИ экономики сельского хозяйства (Москва, Россия)  
**С. В. Шабунин**, академик РАН, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии Россельхозакадемии (Воронеж, Россия)  
**И. А. Шкуратова**, Уральский научно-исследовательский ветеринарный институт (Екатеринбург, Россия)

**Editorial board**

**Irina M. Donnik** (Editor-in-Chief), Academician of the Russian Academy of Sciences, Vice President of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)  
**Olga G. Lorets** (Deputy Chief Editor), rector of the Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)  
**Péter Sótónyi** (Deputy chief editor), doctor of veterinary sciences, professor, academician of Hungarian Academy of Sciences, academician of Polish Medical Academy, rector, University of Veterinary Medicine of Budapest (Budapest, Hungary)

**Editorial Team**

**Nikolay V. Abramov**, Northern Trans-Ural State Agricultural University (Tyumen, Russia)  
**Vladimir D. Bogdanov**, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences (Ekaterinburg, Russia)  
**Vladimir N. Bolshakov**, Academician of the Russian Academy of Sciences; Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin (Ekaterinburg, Russia)  
**Olga A. Bykova**, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)  
**Boris A. Voronin**, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)  
**Eduard D. Dzhavadov**, All-Russian Research and Technological Poultry Institute (Lomonosov, Russia)  
**Lyudmila I. Drozdova**, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)  
**Aleksandr S. Donchenko**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Institute of Experimental Veterinary Science of Siberia and the Far East (Novosibirsk, Russia)  
**Nikita N. Zezin**, Ural Research Institute of Agricultural (Ekaterinburg, Russia)  
**Sabit B. Ismuratov**, Kostanay Engineering and Economics University named after M. Dulatov (Kostanay, Kazakhstan)  
**Valeriy V. Kalashnikov**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences, the All-Russian Research Institute for Horsebreeding (Ryazan, Russia)  
**Andrey G. Koshchayev**, Kuban State Agrarian University (Krasnodar, Russia)  
**Vladimir S. Mymrin**, “Uralplemtsentr” (Ekaterinburg, Russia)  
**Anatoliy G. Nezhdanov**, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Voronezh, Russia)  
**Mastibek S. Norov**, Tajik Agrarian University named after Shirinsho Shotemur (Dushanbe, Tajikistan)  
**Vladimir S. Pashtetskiy**, Research Institute of Agriculture of Crimea (Simferopol, Russia)  
**Yuriy V. Plugatar**, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, member of the Presidential Council for Science and Education, Head of the Department of the Russian Academy of Sciences for Cooperation with Scientific Organizations of Crimea and Sevastopol, The Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Yalta, Russia  
**Aleksandr G. Samodelkin**, Nizhniy Novgorod State Agricultural Academy (Nizhniy Novgorod, Russia)  
**Anatoliy A. Stekolnikov**, Saint Petersburg State Academy of Veterinary Medicine (Saint Petersburg, Russia)  
**Vladimir G. Tyurin**, All-Russian Research Institute for Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology (Moscow, Russia)  
**Ivan G. Ushachev**, Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research Institute of Agricultural Economics (Moscow, Russia)  
**Sergey V. Shabunin**, Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Voronezh, Russia)  
**Irina A. Shkuratova**, Ural Research Veterinary Institute (Ekaterinburg, Russia)

**Нас индексируют / Indexed**

ВЫСШАЯ  
АТТЕСТАЦИОННАЯ КОМИССИЯ (ВАК)  
При Министерстве образования и науки  
Российской Федерации



Food and Agriculture Organization  
of the United Nations



**ULRICHSWEB™**  
GLOBAL SERIALS DIRECTORY



Содержание

Contents

*Агротехнологии*

*Agrotechnologies*

<i>Г. К. Булахтина</i>	2	<i>G. K. Bulakhtina</i>	
Изучение адаптивного потенциала кормовых кустарниковых растений для использования в восстановлении деградированных полупустынных пастбищных экосистем		Study of the adaptive potential of fodder shrubs for use in the restoration of degraded semi-desert pasture ecosystems	
<i>П. И. Костылев, А. В. Аксенов, Е. В. Краснова</i>	12	<i>P. I. Kostylev, A. V. Aksenov, E. V. Krasnova</i>	
Изучение устойчивости риса к водному дефициту		Study of rice resistance to water deficiency	
<i>Н. В. Малицкая, О. Д. Шойкин, М. А. Аужанова</i>	21	<i>N. V. Malitskaya, O. D. Shoykin, M. A. Auzhanova</i>	
Выход разноцелевого урожая кормовых культур в Акмолинской области Казахстана		The output of a multi-purpose crop of forage crops in the Akmola region of Kazakhstan	
<i>Ю. А. Овсянников</i>	39	<i>Yu. A. Ovsyannikov</i>	
О единстве процессов фотосинтеза, азотфиксации и почвообразования		On the unity of the processes of photosynthesis, nitrogen fixation and soil formation	
<b><i>Биология и биотехнологии</i></b>		<b><i>Biology and biotechnologies</i></b>	
<i>А. Л. Аминова</i>	47	<i>A. L. Aminova</i>	
Молочная продуктивность и воспроизводительная способность коров при различных способах содержания		Dairy productivity and reproductive capacity of cows with different methods of maintenance	
<i>Н. С. Габышева</i>	56	<i>N. S. Gabysheva</i>	
Оценка межвидовых гибридов смородины черной в Якутии		Evaluation of interspecific hybrids of black currant in Yakutia	
<i>Е. Г. Скворцова, О. В. Чепуштанова</i>	66	<i>E. G. Skvortsova, O. V. Chepushtanova</i>	
Влияние роботизированного доения коров на эффективность производства молока		The influence of robotic milking of cows on the efficiency of milk production	
<b><i>Экономика</i></b>		<b><i>Economy</i></b>	
<i>Н. В. Банникова, Н. В. Воробьева, Е. Г. Пупынина</i>	76	<i>N. V. Bannikova, N. V. Vorobyeva, E. G. Pupyнина</i>	
Российский экспорт подсолнечного масла: тенденции и факторы развития		Russian export of sunflower oil: trends and development factors	
<i>О. И. Мalyarenko, Г. М. Kushebina</i>	86	<i>O. I. Malyarenko, G. M. Kushebina</i>	
Sustainable development of the agro-industrial complex of Kazakhstan as the basis of the country's food security		Sustainable development of the agro-industrial complex of Kazakhstan as the basis of the country's food security	
<i>Е. А. Рахимова</i>	92	<i>E. A. Rakhimova</i>	
Формирование организационно-экономического механизма диверсификации деятельности фермерских хозяйств		Formation of the organizational and economic mechanism of diversification of farming activities	

## Изучение адаптивного потенциала кормовых кустарниковых растений для использования в восстановлении деградированных полупустынных пастбищных экосистем

Г. К. Булахтина<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук, Солёное Займище, Россия

✉ E-mail: [gbulaht@mail.ru](mailto:gbulaht@mail.ru)

**Аннотация.** Цель. Исследование направлено на проведение адаптационной оценки аридных кормовых кустарниковых растений для реставрации деградированных пастбищных экосистем в полупустынной зоне юга России в современных условиях аридизации климата. **Методы.** Дана оценка адаптационным возможностям, в том числе полевой всхожести семян, реакции на засуху, урожайности кормовых кустарниковых растений джужгуна безлистного, терескена серого и прутняка простертого в современных климатических условиях на светло-каштановых почвах. **Результаты.** Исследования проводились в жестких аридных климатических условиях (отсутствие продуктивной влаги в почве весь летний период) на неплодородных почвах (содержание гумуса – 0,68–0,74 %). Полевая всхожесть семян составила 24,9 % (джужгун), 32,6 % (прутняк), 75,6 % (терескен). Для выбранных кустарников были определены лучшие сроки посева – с ноября по январь. К третьему году вегетации высота растений составила 84–110 см, что будет способствовать задержанию снега на пастбище. Все исследуемые кормовые кустарники с мая по сентябрь имели урожайность выше, чем естественный травостой пастбища, в 1,8–4,5 раза. **Научная новизна.** Все изучаемые кустарники показали высокий адаптивный жизненный потенциал в аридных полупустынных условиях региона исследования, в том числе высокую засухоустойчивость, нетребовательность к почвенному плодородию, длительный вегетационный период (140–270 дней) и высокую продуктивность, которая превышала естественный травостой. Использование этих кустарников в восстановлении деградированных пастбищ увеличит не только их продуктивность на 43–79 %, но и питательную ценность, в т. ч. по кормовым единицам в 1,3 раза, по переваримому протеину – в 1,7 раза. Все это даст возможность увеличить кормовую емкость восстановленных пастбищ.

**Ключевые слова:** опустынивание, аридные пастбищные экосистемы, полевая всхожесть, кормовые кустарники, питательная ценность, урожайность.

**Для цитирования:** Булахтина Г. К. Изучение адаптивного потенциала кормовых кустарниковых растений для использования в восстановлении деградированных полупустынных пастбищных экосистем // Аграрный вестник Урала. 2022. № 01 (216). С. 2–11. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-2-11.

**Дата поступления статьи:** 23.11.2021, **дата рецензирования:** 06.12.2021, **дата принятия:** 10.12.2021.

### Постановка проблемы (Introduction)

От общей площади нашей планеты (510 млн км<sup>2</sup>) площадь мировых земельных ресурсов составляет всего 26,3 % (134 млн км<sup>2</sup>). Сельскохозяйственные угодья занимают 4810 млн га, или около 36 % мирового земельного фонда. Эти земли должны обеспечить растущий спрос населения на продукты животноводства, особенно на мясо и животные жиры. Индустриализация животноводства не способна полностью заменить использование пастбищных ресурсов, которые большей частью сосредоточены в аридных областях мира. По качеству продукция, полученная от животных, которые выращены на сухостепных и полупустынных пастбищах, значительно лучше, чем от животных, выращенных во влажных областях или

на откормочных предприятиях. Поэтому обеспеченность сельскохозяйственных животных пастбищными кормовыми угодьями приобретает решающее значение. Пастбища являются необходимыми и ценными не только из-за особого сочетания природных трав и кустарников, обеспечивающих полным набором витаминов, микро и макроэлементов организм животного: такие условия содержания скота на пастбище, как свежий воздух, активное движение, солнечное освещение, повышают общий жизненный тонус организма, укрепляют иммунитет, улучшают воспроизводство стада (отары), способствуют более быстрому развитию молодняка, усиливают аппетит, повышают прирост живой массы и др. Пастбищное животноводство остается рентабельным и выгодным, поскольку

происходит использование «бесплатного» природного потенциала. Одна кормовая единица на пастбище дешевле в 2–3 раза, чем при выращивании кормовых растений на полях. Причем если использовать эти аридные земли в земледелии без орошения, дохода не будет.

Однако у выпаса животных на пастбищах имеется и другая сторона. Отношение к природным пастбищам без учета их емкости (перевыпас) привело в настоящее время к экологическому бедствию на всей территории аридных регионов не только России, но и всего мира. Так, наши ученые уже в 60–70-е годы забили тревогу о том, что в Прикаспии уменьшились биоразнообразие и продуктивность растительного покрова пастбищ, а дефицит белка в корме составил 10–12 % [1 с. 6; 2 с. 3199, 3 с. 16].

Наши коллеги в Казахстане серьезно беспокоятся о том, что из-за антропогенной деградации степной фитоценоз многих пастбищ представлен 4–5 видами растений [4].

В Алтайском крае и Кыргызской Республике увеличивается площадь открытых, полностью лишенных растительности участков [5; 6].

Однако наряду с антропогенным фактором в современных условиях невозможно исключить и климатические изменения. Наибольшая опасность деградационных процессов возникает при совместном воздействии природных и антропогенных факторов, что вызывает эффект синергизма [7, с. 65; 8].

Исследования изменения климата выявили отрицательную динамику показателей увлажнения аридных пастбищ юга России, которая сохранится и в последующие годы. Происходят ксерофитизация растительности и аридизация климата, губительно действующие на растительность естественных пастбищ [9–11].

Таким образом, исследования, направленные на сдерживание процессов опустынивания земель, имеют большое государственное значение. Актуальность исследований состоит в необходимости выявления таких растений, которые смогут решить задачу не только сохранения, но и увеличения видового разнообразия и продуктивности пастбищ в аридных условиях.

Научные исследования проводились на базе ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» в Астраханской области. В настоящее время пастбища на территории Астраханской области, которые занимают более 50 % всей площади региона, – это полупустынные деградированные фитоценозы, заполненные в основном растениями травянистой формы [12, с. 63]. Учеными-лесомелиораторами доказана устойчивость к деградации полевых агроландшафтов с применением кустарниковых насаждений. Эти насаждения предотвращают эрозионные процессы, способствуют дополнительному снегозадержанию в зоне их влияния, уменьшению глубины промерзания зимой и увеличению влажности почвы в летний период [13–16].

Однако в настоящее время большая часть таких насаждений (около 75 %) находится в крайне угнетенном состоянии из-за климатических и антропогенных факторов [17; 18].

Целью нашей работы стало проведение адаптационной оценки аридных кормовых кустарниковых растений для реставрации деградированных пастбищных экосистем в полупустынной зоне юга России в современных условиях аридизации климата.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Регион исследования – северная часть Астраханской области – это зона полупустыни с резко континентальным засушливым климатом в сочетании с комплексами зональных светло-каштановых почв с солонцами. Сумма активных температур составляет 3100–3600 °С. Летние максимальные температуры достигают 42–45 °С. Осадки – в пределах 130–250 мм (данные последних 5 лет), коэффициент увлажнения – 0,11–0,33. По гранулометрическому составу почвы преимущественно легко- и среднесуглинистые, местами супесчаные.

Для нашего региона перспективны такие виды семейств: гречишные (Polygonaceae) – джугун безлистный (жугун, кандым) (*Calligonum aphyllum* (Pall.) Guerke), маревые (Chenopodioideae) – терескен серый (крашенинниковия терескеновая) (*Eurotia ceratoides* (L.) C. A. Mey.) и прутняк простертый (изень, кохия) (*Kochia prostrata* (L.) Schrad) [19].

Семенной материал для исследования был собран с дикорастущих растений в пределах Астраханской области: терескен и изень – в Черноярском районе, джугун – в Наримановском.

Общая площадь делянок под один вид – 210 м<sup>2</sup>. Посев семенами рядовой с междурядьем 1,4 м. Повторность трехкратная. Площадь делянки под одну повторность – 70 м<sup>2</sup>. Глубина заделки семян – 0,5–1,0 см. Норма высева, согласно методическим указаниям ВИР<sup>1</sup>, составляет для терескена – 8, изеня – 3, джугуна – 15 кг/га (в расчете на 100-процентную всхожесть).

Фенологические наблюдения проводились по рекомендациям И. Г. Грингоф, Ю. С. Лынова<sup>2</sup> через каждые 5 дней (высоту растений отмечали в конце вегетационного периода); учет урожайности биомассы – по методике ВНИИ кормов<sup>3</sup>. Агрохимический анализ почвы и растений проводился в Государственном центре агрохимической службы «Астраханский» (г. Астрахань). Визуальную оценку состояния посева осуществляли по 5-балльной шкале<sup>4</sup> в одни и те же часы, при расположении солнца «за спиной»: 0 – полная гибель, 1 – очень плохое состояние, 2 – плохое, 3 – удовлетворительное,

<sup>1</sup> Изучение коллекции многолетних кормовых растений (методические указания) / Под ред. А. И. Иванова. Ленинград: ВИР, 1985. 47 с.

<sup>2</sup> Грингоф И. Г., Лынов Ю. С. Методическое пособие по фенологическим наблюдениям. Ленинград, 1991. 201 с.

<sup>3</sup> Методика эффективного освоения многовариантных технологий улучшения сенокосов и пастбищ в Северном природно-экономическом районе / А. А. Кутузова, К. Н. Привалова, Н. И. Георгиади. Москва: Угрешская типография, 2015. 68 с.

<sup>4</sup> Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 336 с.

4 – хорошее, 5 – отличное; оценку реакции растений на засуху – по 9-балльной шкале<sup>5</sup>: 1 – очень слабая (незначительное пожелтение некоторых прикорневых листьев), 3 – слабая (пожелтение всех прикорневых листьев), 5 – средняя (пожелтение прикорневых и нижних стеблевых листьев), 7 – сильная (пожелтение прикорневых и нижних стеблевых листьев и потеря тургора зелеными листьями), 9 – очень сильная (пожелтение листьев, потеря ими тургора и недоразвитие генеративных органов, т. е. соцветия не выходят из влагалищ верхнего листа).

**Результаты (Results)**

На первом этапе был проведен анализ почвы опытного участка и природного пастбища региона исследования. В результате было выявлено, что почвы идентичны и имеют очень низкую обеспеченность по содержанию гумуса (0,68–0,74 %); очень низкую – азота щелочногидролизуемого (21 мг/кг); высокую – фосфора подвижного (27–28 мг/кг); высокую – калия подвижного (264–298 мг/кг).

Метеоусловия периода исследования отмечены высокими летними температурами (среднемесячные – 25–28 °С) и наличием суховеев (до 25 % вегетационного периода). По количеству осадков наиболее засушливым выделился 2020 г., когда в период с мар-

та по декабрь выпало всего 78,7 мм. Наиболее показательны для определения условий вегетации опытных аридных кустарников данные по наличию продуктивной влаги в слое почвы 0–1 м по годам исследования (рис. 1). На графике видно, что в основном в летний период продуктивная влага в почве отсутствует. Это главный показатель аридных условий произрастания изучаемых растений.

Прежде чем произвести посев, мы определили лабораторную и полевую всхожесть семян кустарников (таблица 1).

Данные лабораторной и полевой всхожести значительно отличаются у изеня (на 42,7 %), а у терескена и джугуна – в пределах 8–11 %.

Результаты определения полевой всхожести семян в зависимости от сроков посева в условиях региона исследования приведены в таблице 2.

По данным таблицы 2 видно, что лучшие сроки посева – это ноябрь, декабрь и январь, когда полевая всхожесть у терескена в пределах 74–82 %, у изеня – 44–45% и у джугуна – 25–26 %. При февральском посеве всхожесть была уже несколько ниже, а при мартовском – минимальная по сравнению с подзимним и зимним посевами.

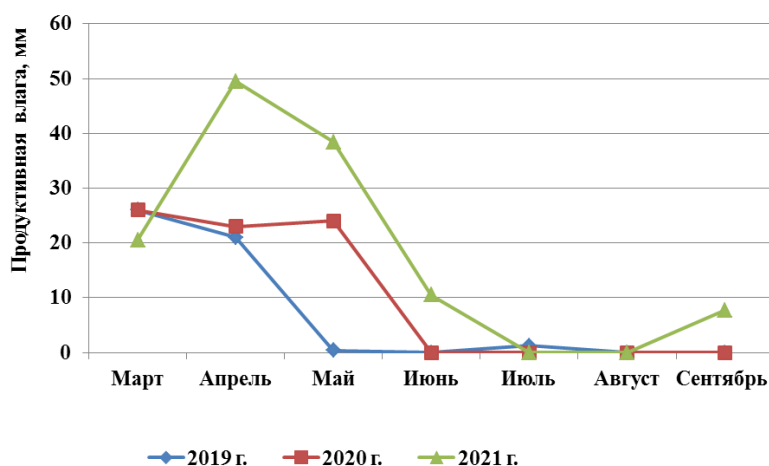


Рис. 1. Динамика продуктивного запаса влаги в слое почвы 0–1 м по годам исследования

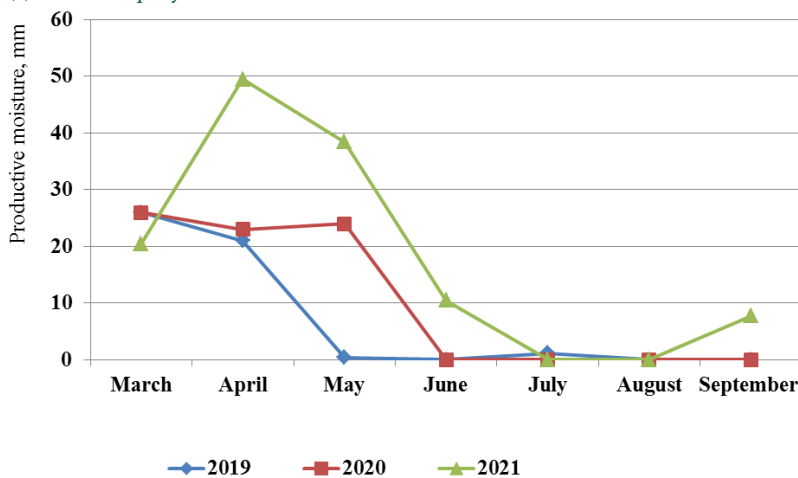


Fig. 1. Dynamics of the productive moisture reserve in the 0–1 m soil layer by years of study

<sup>5</sup> Изучение коллекции многолетних кормовых растений (методические указания) / Под ред. А. И. Иванова. Ленинград: ВИР, 1985. 47 с.

## Лабораторная и полевая всхожесть семян кормовых кустарников, 2019 г.

Виды растений	Лабораторная всхожесть, %	Полевая всхожесть, %
<i>Eurotia ceratoides</i>	84,2	75,6
<i>Kochia prostrata</i>	75,3	32,6
<i>Calligonum aphyllum</i>	36,4	24,9

Table 1

## Laboratory and field germination of seeds of forage shrubs, 2019

Plant species	Laboratory germination, %	Field germination, %
<i>Eurotia ceratoides</i>	84.2	75.6
<i>Kochia prostrata</i>	75.3	32.6
<i>Calligonum aphyllum</i>	36.4	24.9

Таблица 2

## Влияние сроков посева на полевую всхожесть семян кормовых кустарников

Виды растений	Полевая всхожесть, %				
	Срок посева				
	14.11	12.12	16.01	15.02	14.03
<i>Eurotia ceratoides</i>	77,4	74,3	82,1	66,3	42,7
<i>Kochia prostrata</i>	45,2	44,0	44,0	38,8	25,6
<i>Calligonum aphyllum</i>	25,6	26,0	26,0	24,2	18,3

Table 2

## Influence of sowing dates on field germination of seeds of forage shrubs

Plant species	Field germination, %				
	Sowing time				
	14.11	12.12	16.01	15.02	14.03
<i>Eurotia ceratoides</i>	77.4	74.3	82.1	66.3	42.7
<i>Kochia prostrata</i>	45.2	44.0	44.0	38.8	25.6
<i>Calligonum aphyllum</i>	25.6	26.0	26.0	24.2	18.3

По плану исследования были определены сроки прохождения фаз вегетации кормовых растений и составлены фенологические спектры (таблица 3).

По фенологическим спектрам видно, что джужгун вегетирует небольшой период для создания поедаемой кормовой массы (март – май), с середины июня, когда созревают плоды, молодые зеленые побеги подсыхают и частично опадают. Кустарник терескен и полукустарничек прутняк, имея одинаковый фенологический спектр, почти в два раза дольше набирают кормовую массу, чем джужгун, однако все эти растения круглый год являются источником высокопитательного хорошо поедаемого корма, причем у джужгуна животные поедают уже опавшие побеги и плоды.

Определение состояния посевов и реакции растений на засуху проводилось в начале цветения и в наиболее жаркий и засушливый месяц летнего сезона. Исследования показали, что все кормовые растения имели отличное состояние посева (5 баллов). Реакция на засуху: 82 % – очень слабая (незначительное пожелтение некоторых прикорневых листьев – 1 балл), 10 % – слабая (пожелтение всех прикорневых листьев – 3 балла) и 8 % – реакция средняя (5 баллов) – пожелтение прикорневых и нижних стеблевых листьев. Эти показатели говорят о высокой засухоустойчивости изучаемых растений и их способности участвовать в восстановлении деградированных аридных пастбищ.

По окончании вегетационного периода проводилось измерение высоты растений по годам исследования (таблица 4).

В итоге было отмечено, что исследуемые растения являются достаточно высокорослыми и быстрорастущими, что очень важно для снегозадержания и создания защиты от ветров на пастбищах.

По плану исследования было изучено развитие корневой системы кустарников. По данным И. Н. Бейдемана (1934), В. М. Свешниковой (1952), С. А. Бедарева (1968), на развитие корневой системы оказывают заметное влияние гранулометрический состав почвы, а также влажность и засоленность. Исследования С. А. Бедарева<sup>6</sup>, который в 1968 г. проводил 92 раскопки корневой системы терескена серого на серобурых супесчаных почвах в естественных условиях произрастания (в гипсовой пустыне Бетпак-Дала), показали, что корневая система взрослого растения проникает на глубину 190 см. При этом в горизонтальном направлении корни распространялись на 170–180 см при нарушении роли стержневого корня. А по данным З. Ш. Шамсутдинова (1975)<sup>7</sup>, на светлых сероземах к концу первого года жизни корни терескена серого проникают на глубину 130 см, а в возрасте 10 лет – на 600 см.

<sup>6</sup> Бедарев С. А. Транспирация и расход воды растительностью аридной зоны Казахстана // Труды КазНИГМП. 1968. Вып. 4.1. С. 200–275.

<sup>7</sup> Шамсутдинов З. Ш. Создание долголетних пастбищ в аридной зоне Средней Азии. Ташкент: Фан, 1975. 176 с.

Таблица 3

Фенологические спектры изучаемых растений, 2019–2021 гг.

Агротехнологии

Виды растений	Месяцы года											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<i>Eurotia ceratoides</i>			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Kochia prostrata</i>			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Calligonum aphyllum</i>			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Примечание. Фазы вегетации: Возобновление (зеленый), Ветвление (темно-зеленый), Цветение (желтый), Плодоношение (оранжевый), Созревание, конец вегетации (красный).  
Условное обозначение: ■

Table 3

Phenological spectra of the studied plants, 2019–2021

Plant species	Months of the year											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<i>Eurotia ceratoides</i>			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Kochia prostrata</i>			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Calligonum aphyllum</i>			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Note. Vegetation phases: Renewal (green), Branching (tillering) (dark green), Flowering (earring) (yellow), Fruiting (orange), Ripening, end of vegetation (red).  
Symbol: ■

Таблица 4

Динамика изменения высоты кормовых кустарников по годам вегетации, 2019–2021 гг.

Виды растений	Высота растений, см		
	Год вегетации		
	1-й	2-й	3-й
<i>Eurotia ceratoides</i>	25,5 ± 2,3	68,4 ± 2,0	84 ± 2,5
<i>Kochia prostrata</i>	30,5 ± 3,4	64,5 ± 3,6	92 ± 2,1
<i>Calligonum aphyllum</i>	34,2 ± 2,6	91,7 ± 3,3	110,5 ± 4,2

Table 4

Dynamics of changes in the height of forage shrubs by growing years, 2019–2021

Plant species	Plant height, cm		
	Vegetation year		
	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>
<i>Eurotia ceratoides</i>	25.5 ± 2.3	68.4 ± 2.0	84 ± 2.5
<i>Kochia prostrata</i>	30.5 ± 3.4	64.5 ± 3.6	92 ± 2.1
<i>Calligonum aphyllum</i>	34.2 ± 2.6	91.7 ± 3.3	110.5 ± 4.2

Многие исследователи отмечают, что кустарники полупустынной и пустынной зон имеют высокую экологическую пластичность корневой системы, способной приспосабливаться к различным типам почв, отличающихся водно-физическими, агрохимическими свойствами и механическим составом.

В Казахстане на барханных песках Т. К. Тусупова и М. О. Байтасов<sup>8</sup> в 2010–2012 гг. исследовали динамику развития корневой системы джужгуна и терескена. Они показали, что за три года у джужгуна корни проникли в глубину на 21,2 см, а ширина распространения горизонтальных корней достигла 418 см. у терескена глубина проникновения корней составила 23 см, а ширина – до 209 см.

Последние исследования, проведенные в Калмыкии Н. З. Шамсутдиновым и Д. В. Аркинчевым<sup>9</sup> показали, что на бурых полупустынных глинистых и тяжелосуглинистых солонцеватых почвах глубина

проникновения корней терескена через три года после посева составила 320 см, ширина – 160 см, а у прутняка простертого – 215 и 150 см соответственно.

Наши исследования на светло-каштановых суглинистых солонцеватых почвах показали следующее:

1) в конце первого года вегетации глубина проникновения корней терескена составила 118–124 см, а боковые корни (ширина) – 126–130 см; у прутняка вертикальные корни (глубина) составили 78–88 см, а горизонтальные – 69–74 см; у джужгуна – 65–74 и 78–99 см соответственно;

<sup>8</sup> Тусупова Т. К., Байтасов М. О. Развитие корневых систем пустынных пород в Мойынкумских барханных песках Уштобинского государственного учреждения лесного хозяйства [Электронный ресурс] // Издәністер, нәтижелер. Исследования, результаты. 2014. URL: <https://articlekz.com/article/12572> (дата обращения: 05.11.2021).

<sup>9</sup> Аркинчев Д. В., Шамсутдинов Н. З. Внутривидовое разнообразие терескена серого (*Eurotia ceratoides*) как исходного материала для селекции // Кормопроизводство. 2015. № 4. С. 38–43.



## Урожайность зеленой массы кормовых кустарников в сравнении с естественным травостоем пастбища, средние данные за 2019–2021 гг., т/га

Варианты	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Среднее
Контроль – естественное пастбище	1,0	0,36	0,95	1,05	1,5	0,97
<i>Kochia prostrata</i>	3,6	5,6	3,1	2,8	1,9	3,4
<i>Eurotia ceratoides</i>	4,7	5,78	4,5	4,4	3,1	4,5
<i>Calligonum aphyllum</i>	2,1	2,3	2,0	1,5	0,5	1,7
HCP <sub>05</sub>						0,23

Table 5

## Productivity of green mass of forage shrubs in comparison with natural grass stand of pastures, average data for 2019–2021, t/ha

Variants	May	June	July	August	September	Average
Control – natural pasture	1.0	0.36	0.95	1.05	1.5	0.97
<i>Kochia prostrata</i>	3.6	5.6	3.1	2.8	1.9	3.4
<i>Eurotia ceratoides</i>	4.7	5.78	4.5	4.4	3.1	4.5
<i>Calligonum aphyllum</i>	2.1	2.3	2.0	1.5	0.5	1.7
LSD <sub>05</sub>						0.23

Таблица 6

## Содержание питательных веществ в исследуемых видах кормовых растений в сравнении с растительной массой естественного пастбища, 2020 г.

Варианты	Содержание в 1 кг			
	Сырой жир, г	Сырая клетчатка, г	Переваримый протеин, г	Корм. ед.
<i>Eurotia ceratoides</i>	14,3	321	49,2	0,62
<i>Kochia prostrata</i>	11,8	214	77,6	0,49
<i>Calligonum aphyllum</i>	25,6	114	58,5	0,51
Естественная растительность	13,5	186	45,3	0,38
HCP <sub>05</sub>				0,05

Table 6

## The content of nutrients in the studied types of forage plants in comparison with the plant mass of natural pasture, 2020

Variants	Content in 1 kg			
	Crude fat, g	Raw fiber, g	Digestible protein, g	Feed units
<i>Eurotia ceratoides</i>	14.3	321	49.2	0.62
<i>Kochia prostrata</i>	11.8	214	77.6	0.49
<i>Calligonum aphyllum</i>	25.6	114	58.5	0.51
Natural vegetation	13.5	186	45.3	0.38
LSD <sub>05</sub>				0.05

2) в конце второго года вегетации вертикальные корни у терескена составили 165–189 см, а горизонтальные – 142–148 см; у прутняка простертого вертикальные корни увеличились до 125–132 см, а горизонтальные – до 87–96 см; у джугуна глубина проникновения составила 115–137 см, а боковые корни достигли 135–158 см;

3) через три года вегетации корневая система изучаемых кустарников была представлена у терескена серого вертикальными корнями длиной 235–277 см и горизонтальными – 154–163 см; у прутняка простертого – 164–202 и 122–148 см соответственно, у джугуна безлистного – 155–179 и 155–214 см соответственно.

У всех кустарников отмечено наличие двух ярусов ветвления корней: первый – на глубине 40–65 см; второй – на глубине 80–150 см. Большое количество мелких корешков наблюдается на участках корней,

расположенных в более влажных горизонтах. Так, в 2020 г., когда была отмечена в период всей вегетации жесткая воздушная и почвенная засуха, такие мелкие корешки были зафиксированы на нижнем ярусе корневой системы, а в первую половину летнего периода 2021 г. при достаточно хороших осадках на корнях были отмечены такие мелкие корешки и в первом, и во втором ярусах.

При проведении раскопок корневой системы изучаемых растений было обнаружено, что эти полукустарники способны формировать сильно разветвленную систему крупных и мелких корней, которые используют влагу и питательные вещества почвы, объемом 10–15 м<sup>3</sup>. Именно такая объемная и развитая корневая система может позволить всем этим кустарникам нормально плодоносить и формировать довольно большой урожай фитомассы в суровых почвенно-климатических условиях.

Исследования З. Ш. Шамсутдинова и О. В. Зволинского<sup>10</sup> показали, что наиболее интенсивный рост корневой системы у кустарников в полупустынных условиях Нижнего Поволжья происходит в первые три года вегетации. В последующие годы рост корней в глубину если и наблюдается, то очень медленный.

Трехлетние исследования позволили получить сведения о продуктивности и питательной ценности аридных кормовых растений (таблицы 5, 6).

Урожайность всех изучаемых растений превысила естественный травостой пастбищ более чем на 43–79 % (таблица 5). Из трех различных видов кормовых растений наиболее продуктивным в каждом месяце оказался терескен серый, среднегодовая урожайность посева которого превысила естественное пастбище в 4,5 раза; посевы изенья и джугуна показали среднегодовую урожайность соответственно в 3,5 и в 1,8 раза выше, чем на контроле.

По содержанию основных питательных веществ у изучаемых кустарников (таблица 6) было отмечено, что терескен и изенья имеют высокую питательную ценность, в том числе по кормовым единицам они превысили естественную растительность в 1,3 раза, а по переваримому протеину – в 1,7 раза; джугун превысил контрольные показатели по кормовым единицам в 1,3 раза, однако он имеет низкий протеиновый показатель, что говорит о необходимости создания поливидовых посевов джугуна с участием высокобелковых растений (семейства бобовых и маревых).

#### **Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)**

По итогам проведенных трехлетних исследований были сделаны следующие выводы:

1) такие кормовые кустарники, как терескен, джугун и полукустарник изенья, необходимо использовать для восстановления деградированных полупустынных пастбищ на светло-каштановых почвах с солонцами в современных условиях повышения аридности климата;

2) исследуемые нами кормовые кустарники к третьему году жизни приобретают объемную и развитую корневую систему, благодаря которой они отличаются высокой засухоустойчивостью и не требовательны к почвенному плодородию;

3) лучшие сроки посева кустарников – с ноября по январь, однако в условиях полупустыни необходимо учитывать наличие влаги в почве, поскольку осенние засухи – частое явление в аридных регионах юга России;

4) опираясь на полученный фенологический спектр изучаемых кустарников, можно констатировать, что отдельно использовать джугун в фитомелиорации деградированных пастбищ не рационально, поскольку к июлю он уже завершает вегетацию;

5) исследуемые растения являются достаточно высокорослыми и быстрорастущими, что очень важно для создания защиты от ветров на пастбищах и для снегозадержания;

6) использование данных кустарников в рекультивации аридных пастбищ увеличит их видовое разнообразие, а также продуктивность и питательную ценность пастбищного корма, поскольку их урожайность превышает естественную растительность более чем на 43–79 %, а содержание кормовых единиц в 1 кг выше в 1,3 раза.

#### **Библиографический список**

- Кулик К. Н. К 30-летию Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ // Аридные экосистемы. 2018. Т. 24. № 1 (74). С. 5–12.
- Tumanyan A. F., Khairova N. I., Vvedenskiy V. V., Tyutyuma N. V., Bulahtina G. K. Demutation of Arid Pastures Different in Degree of Pasqual Digression in Isolation from Grazing // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2018. Vol. 10. No. 12. Pp. 3198–3200.
- Кулик К. Н., Петров В. И., Юферев В. Г., Ткаченко Н. А., Шинкаренко С. С. Геоинформационный анализ опустынивания Северо-Западного Прикаспия // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2 (83). С. 16–24. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10091.
- Кульжанова С. Н., Байдусен А. А., Ботабекова Б. Т., Жумадилова Н. Б., Кенжегулова С. О. Особенности влияния антропогенных факторов на степные растения и их трансформация // Кормопроизводство. 2017. № 7. С. 7–12.
- Золотов Д. В., Черных Д. В., Бирюков Р. Ю., Першин Д. К., Малыгина Н. С., Грибков А. В. Изменение землепользования в Алтайском крае: проблемы и перспективы достижения нейтрального баланса деградации земель // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2 (83). С. 25–33. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10092.
- Бобушев Т. С., Султаналиев К. Э. Оценка и адаптация подхода НБДЗ к классификации земельных ресурсов в Кыргызской Республике // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2 (83). С. 43–47. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10094.
- Дедова Э. Б., Гольдварг Б. А., Цаган-Манджиев Н. Л. Деградация земель Республики Калмыкия: проблемы и пути их восстановления // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2 (83). С. 63–71.
- Guo Q., et al. Satellite Monitoring the Spatial-Temporal Dynamics of Desertification in Response to Climate Change and Human Activities across the Ordos Plateau, China // Remote Sensing. 2017. Vol. 9. No. 6. Pp. 524–525. DOI: 10.3390/rs9060525.

<sup>10</sup> Зволинский О. В. Создание поликомпонентных мелиоративных агрофитоценозов с использованием культуры терескена (*Eurotia ceratoides* (L.) C. A. Mey.) на Нижней Волге: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук [Электронный ресурс]. Москва: Российский университет дружбы народов, 2004. 24 с. URL: <https://rucont.ru/efd/34458> (дата обращения: 05.11.2021).

9. Бородычев В. В., Власенко М. В., Кулик А. К. Сезонные изменения кормовой продуктивности аридных пастбищ // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 14–24. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-01.
10. Sapanov M. K. Environmental Implications of Climate Warming for the Northern Caspian Region // Arid Ecosystems. 2018. Vol. 8. No. 1. Pp. 13–21.
11. Бабаева М. А., Осипова С. В. Динамика видового разнообразия и продуктивности растительных сообществ в аридных экосистемах // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 1. С. 31–34.
12. Тютюма Н. В., Булахтина Г. К., Кудряшов А. В., Кудряшова Н. И. Мелиоративная эффективность кустарниковых кулис на аридных пастбищах юга России // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. No. 1 (82). С. 62–68. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10084.
13. Барабанов А. Т., Кулик А. В. Эффективность применения кулис из сельскохозяйственных растений в системе стокорегулирующих лесополос // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 41–47. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-01-4.
14. Zhang S. T., Zhang J. Z., Liu Y., et al. Effects of farmland vegetation row direction on overland flow hydraulic characteristics // Hydrology research. 2018. Vol. 49. Iss.6. Pp. 1991–2001.
15. Булахтина Г. К., Кудряшова Н. И., Подопригоров Ю. Н. Исследование адаптивного потенциала кормовых кустарников для создания зоомелиоративных насаждений в полупустынных пастбищных экосистемах // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 135–144. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-13.
16. Адамова Р. М., Казиев М.-Р. А. Эколого-биологические аспекты формирования защитных лесных насаждений в аридных регионах // Аридные экосистемы. 2021. Т. 27. № 2 (87). С. 26–32. DOI: 10.24411/1993-3916-2021-10147.
17. Сурхаев И. Г., Сурхаева Г. М., Рыбашлыкова Л. П. Закономерности порослевого лесовосстановления защитных древостоев робинии псевдоакации на Терско-Кумских песках // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 185–196. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-20.
18. Беляков А. М., Тубалов А. А., Кошелев А. В. Состояние и меры по улучшению плодородия светло-каштановых почв в агролесоландшафтах // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 30–36.
19. Шамсутдинов З. Ш., Косолапов В. М., Шамсутдинова Э. З., Благоразумова М. В., Шамсутдинов Н. З. О концепции экологической ниши и ее роли в практике конструирования адаптивных аридных пастбищных агроэкосистем // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53/ № 2. С. 270–281. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.2.270rus.

**Об авторах:**

Галина Константиновна Булахтина<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая отделом рационального природопользования, ORCID 0000-0001-8949-8666, AuthorID 861367; +7 927 553-28-22, [gbulaht@mail.ru](mailto:gbulaht@mail.ru)

<sup>1</sup> Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук, Солёное Займище, Россия

## Study of the adaptive potential of fodder shrubs for use in the restoration of degraded semi-desert pasture ecosystems

G. K. Bulakhtina<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Solenoe Zaymishche, Russia

✉E-mail: [gbulaht@mail.ru](mailto:gbulaht@mail.ru)

**Abstract. Purpose.** The study is aimed at carrying out an adaptation assessment of arid fodder shrubs for the restoration of degraded pasture ecosystems in the semi-desert zone of southern Russia in the modern conditions of climate aridization. **Methods.** An assessment is given of the adaptive capabilities, including the field germination of seeds, the response to drought, the yield of fodder shrubs of leafless *Calligonum aphyllum*, *Eurotia ceratoides*, and *Kochia prostrata* in modern climatic conditions on light chestnut soils. **Results.** The studies were carried out in severe arid climatic conditions (lack of productive moisture in the soil throughout the summer period) on infertile soils (humus content – 0.68–0.74 %). Field germination of seeds was 24.9 (*Calligonum aphyllum*), 32.6 (*Kochia prostrata*),

75.6 (*Eurotia ceratoides*). For the selected shrubs, the best sowing dates were determined – November – January. By the third year of the growing season, the height of the plants was 84–110 cm, which will contribute to the retention of snow in the pasture. All studied fodder shrubs, from May to September, had a yield higher than the natural grass stand of the pasture by 1.8–4.5 times. **Scientific novelty.** All the shrubs under study showed a high adaptive life potential in the arid semi-desert conditions of the study region, including high drought resistance, low demands on soil fertility and a long growing season (140–270 days), high productivity, which exceeded the natural herbage. The use of these shrubs in the restoration of degraded pastures will not only increase their productivity by 43–79 %, but also the nutritional value in terms of feed units by 1.3 times, in terms of digestible protein – by 1.7 times. All this will make it possible to increase the forage capacity of the restored pastures.

**Keywords:** desertification, arid pasture ecosystems, field germination, fodder shrubs, nutritional value, productivity.

**For citation:** Bulakhtina G. K. Izuchenie adaptivnogo potentsiala kormovykh kustarnikovykh rasteniy dlya ispol'zovaniya v vosstanovlenii degradirovannykh polupustynnykh pastbishchnykh ekosistem [Study of the adaptive potential of fodder shrubs for use in the restoration of degraded semi-desert pasture ecosystems] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 01 (216). Pp. 2–11. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-2-11. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 23.11.2021, **date of review:** 06.12.2021, **date of acceptance:** 10.12.2021.

### References

1. Kulik K. N. K 30-letiyu General'noy skhemy po bor'be s opustynivaniem Chernykh zemel' i Kizlyarskikh pastbishch [To the 30th anniversary of the General Scheme to Combat Desertification of the Black Lands and Kizlyar Pastures] // Arid Ecosystems. 2018. T. 24. No. 1 (74). Pp. 5–12. (In Russian.)
2. Tumanyan A. F., Khairova N. I., Vvedenskiy V. V., Tyutyuma N. V., Bulahtina G. K. Demutation of Arid Pastures Different in Degree of Pasqual Digression in Isolation from Grazing // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2018. Vol. 10. No. 12. Pp. 3198–3200.
3. Kulik K. N., Petrov V. I., Yuferev V. G., Tkachenko N. A., Shinkarenko S. S. Geoinformatsionnyy analiz opustynivaniya Severo-Zapadnogo Prikaspiya [Geoinformation analysis of desertification in the North-Western Caspian region] // Arid Ecosystems. 2020. T. 26. No. 2 (83). Pp. 16–24. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10091. (In Russian.)
4. Kul'zhanova S. N., Baydyusen A. A., Botabekova B. T., Zhumadilova N. B., Kenzhegulova S. O. Osobennosti vliyaniya antropogennykh faktorov na stepnye rasteniya i ikh transformatsiya [Features of the influence of anthropogenic factors on steppe plants and their transformation] // Kormoproizvodstvo. 2017. No. 7. Pp. 7–12. (In Russian.)
5. Zolotov D. V., Chernykh D. V., Biryukov R. Yu., Pershin D. K., Malygina N. S., Gribkov A. V. Izmenenie zemlepol'zovaniya v Altayskom krae: problemy i perspektivy dostizheniya neytral'nogo balansa degradatsii zemel' [Land use change in the Altai Territory: problems and prospects for achieving the Neutral Balance of Land Degradation] // Arid Ecosystems. 2020. T. 26. No. 2 (83). Pp. 25–33. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10092. (In Russian.)
6. Bobushev T. S., Sultanaliev K. E. Otsenka i adaptatsiya podkhoda NBDZ k klassifikatsii zemel'nykh resursov v Kyrgyzskoy Respublike [Assessment and adaptation of the NBDZ approach to the classification of land resources in the Kyrgyz Republic] // Arid Ecosystems. 2020. T. 26. No. 2 (83). Pp. 43–47. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10094. (In Russian.)
7. Dedova E. B., Gol'dvarg B. A., Tsagan-Mandzhiev N. L. Degradatsiya zemel' Respubliki Kalmykiya: problemy i puti ikh vosstanovleniya [Land degradation of the Republic of Kalmykia: problems and ways of their restoration] // Arid Ecosystems. 2020. T. 26. No. 2 (83). Pp. 63–71. (In Russian.)
8. Guo Q., et al. Satellite Monitoring the Spatial-Temporal Dynamics of Desertification in Response to Climate Change and Human Activities across the Ordos Plateau, China // Remote Sensing. 2017. Vol. 9. No. 6. Pp. 524–525. DOI: 10.3390/rs9060525.
9. Borodychev V. V., Vlasenko M. V., Kulik A. K. Sezonnnye izmeneniya kormovoy produktivnosti aridnykh pastbishch [Seasonal changes in fodder productivity of arid pastures] // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex. 2021. No. 1 (61). Pp. 14–24. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-01. (In Russian.)
10. Sapanov M. K. Environmental Implications of Climate Warming for the Northern Caspian Region // Arid Ecosystems. 2018. Vol. 8. No. 1. Pp. 13–21.
11. Babaeva M. A., Osipova S. V. Dinamika vidovogo raznoobraziya i produktivnosti rastitel'nykh soobshchestv v aridnykh ekosistemakh [Dynamics of species diversity and productivity of plant communities in arid ecosystems] // Vestnik of the Russian agricultural sciences. 2018. No. 1. Pp. 31–34. (In Russian.)
12. Tyutyuma N. V., Bulakhtina G. K., Kudryashov A. V., Kudryashova N. I. Meliorativnaya effektivnost' kustarnikovykh kulis na aridnykh pastbishchakh yuga Rossii [Ameliorative efficiency of shrub backstage on arid pastures in the south of Russia] // Arid Ecosystems. 2020. T. 26. No. 1 (82). Pp. 62–68. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10084. (In Russian.)

13. Barabanov A. T., Kulik A. V. Effektivnost' primeneniya kulis iz sel'skokhozyaystvennykh rasteniy v sisteme stokoreguliruyushchikh lesopolos [The effectiveness of the use of wings from agricultural plants in the system of stock-regulating forest belts] // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex. 2019. No. 1 (53). Pp. 41–47. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-01-4. (In Russian.)
14. Zhang S. T., Zhang J. Z., Liu Y., et al. Effects of farmland vegetation row direction on overland flow hydraulic characteristics // Hydrology research. 2018. Vol. 49. Iss.6. Pp. 1991–2001.
15. Bulakhtina G. K., Kudryashova N. I., Podoprigrorov Yu. N. Issledovanie adaptivnogo potentsiala kormovykh kustarnikov dlya sozdaniya zoomeliorativnykh nasazhdeniy v polupustynnykh pastbishchnykh ekosistemakh [Study of the adaptive potential of forage shrubs for creating zoo-reclamation plantings in semi-desert pasture ecosystems] // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex. 2021. No. 1 (61). Pp. 135–144. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-13. (In Russian.)
16. Adamova R. M., Kaziev M.-R. A. Ekologo-biologicheskie aspekty formirovaniya zashchitnykh lesnykh nasazhdeniy v aridnykh regionakh [Ecological and biological aspects of the formation of protective forest plantations in arid regions] // Arid Ecosystems. 2021. T. 27. No. 2 (87). Pp. 26–32. DOI: 10.24411/1993-3916-2021-10147. (In Russian.)
17. Surkhaev I. G., Surkhaeva G. M., Rybashlykova L. P. Zakonomernosti poroslevogo lesovosstanovleniya zashchitnykh drevostoev robinii pseudoakatsii na Tersko-Kumskikh peskakh [Patterns of coppice reforestation of protective forest stands of black locust pseudoacacia on the Tersko-Kuma sands] // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex. 2021. No. 2 (62). Pp. 185–196. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-20. (In Russian.)
18. Belyakov A. M., Tubalov A. A., Koshelev A. V. Sostoyanie i mery po uluchsheniyu plodorodiya svetlo-kashtanovykh pochv v agrolesolandshaftakh [Status and measures to improve the fertility of light chestnut soils in agroforest landscapes] // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex. 2018. No. 2 (50). Pp. 30–36. (In Russian.)
19. Shamsutdinov Z. Sh., Kosolapov V. M., Shamsutdinova E. Z., Blagorazumova M. V., Shamsutdinov N. Z. O kontseptsii ekologicheskoy nishi i ee roli v praktike konstruirovaniya adaptivnykh aridnykh pastbishchnykh agroekosistem [On the concept of an ecological niche and its role in the practice of designing adaptive arid pasture agroecosystems] // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 2018. T. 53. No. 2. Pp. 270–281. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.2.270rus. (In Russian.)

**Authors' information:**

Galina K. Bulakhtina<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, head of the department of environmental management, ORCID 0000-0001-8949-8666, AuthorID 861367; +7 927 553-28-22, [gbulaht@mail.ru](mailto:gbulaht@mail.ru)

<sup>1</sup> Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Solenoe Zaymishche, Russia

## Изучение устойчивости риса к водному дефициту

П. И. Костылев<sup>1</sup>✉, А. В. Аксенов<sup>1</sup>, Е. В. Краснова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Россия

✉E-mail: p-kostylev@mail.ru

**Аннотация.** Из различных абиотических стрессов при производстве риса наиболее важным во многих странах является засуха или водный дефицит. **Цель** исследования – изучить коллекционные, гибридные и селекционные сорта и образцы риса на толерантность к длительной почвенной и воздушной засухе, отобрать засухоустойчивые формы для выведения новых сортов. **Методы.** Объекты исследований – 68 сортов и образцов суходольного риса, которые возделывали на орошаемом и затопляемом участках (г. Пролетарск, Ростовская обл.) в трехкратной повторности. Площадь делянки – 10 м<sup>2</sup>, норма высева – 500 семян/м<sup>2</sup>. Полив проводили пуском воды из оросительного канала после посева 10 мая слоем 10 см и в период роста при полном высыхании поверхности почвы. Степень засухоустойчивости определяли по соотношению величины признака в опыте к таковой на контроле (О/К). **Научная новизна.** Определена различная степень засухоустойчивости образцов риса по соотношению продуктивности зерна в условиях водного дефицита и достаточного обеспечения водой, выявлены новые закономерности. **Результаты.** Установлено, что сорта и образцы при засухе и затоплении формировали различную урожайность зерна, которая при дефиците влаги составила в среднем 63,7 % от нормы. Корреляция урожайности при засухе с урожайностью при затоплении была слабой положительной ( $r = 0,23 \pm 0,01$ ), с их соотношением О/К – средней положительной ( $r = 0,59 \pm 0,01$ ), а связь урожайности при затоплении с засухоустойчивостью – средней отрицательной ( $r = -0,64 \pm 0,01$ ). Выявлены 10 сортов и образцов со степенью засухоустойчивости более 75 %, такие как Ан-Юн-Хо, Чан-Чунь-Ман, Золотые всходы, Маловодотребовательный, ЗУЛК 2, ЗУЛК 6, у которых соотношение урожайности при засушливых и нормальных условиях, составляло от 77,9 до 91,6 %. Максимальную урожайность в условиях засухи сформировал новый сорт селекции АНЦ «Донской» Аргамак (6,10 т/га) и селекционные образцы 7970 (Командор × Чан-Чунь-Ман) – 5,24 т/га, ЗУЛК 8 – 4,90 т/га.

**Ключевые слова:** рис, сорт, образец, источник, суходол, засухоустойчивость, периодический полив, урожайность.

**Для цитирования:** Костылев П. И., Аксенов А. В., Краснова Е. В. Изучение устойчивости риса к водному дефициту // Аграрный вестник Урала. 2022. № 01 (216). С. 12–20. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-12-20.

**Дата поступления статьи:** 13.10.2021, **дата рецензирования:** 26.10.2021, **дата принятия:** 12.11.2021.

### Постановка проблемы (Introduction)

Рисом питается большинство населения мира, поэтому необходимо повышение его продуктивности, так как земельные ресурсы ограничены. Это сложная задача, поскольку этому мешают разнообразные абиотические стресс-факторы и неблагоприятные погодные условия [1, с. 443]. Из этих стрессов наиболее важным лимитом производства риса во многих странах является засуха или водный дефицит, что приводит к огромным экономическим потерям. Это становится более серьезной проблемой в связи с глобальным изменением климата. В связи с текущим и прогнозируемым мировым спросом на продовольствие стало важным приоритетом повышение урожайности сельскохозяйственных культур на подверженных засухе богарных землях. Для достижения производственной цели на богарных землях необходимы сорта риса, устойчивые к засухе, и генетическое улучшение данного признака должно стать высокоприоритетной темой исследований в будущем [2, с. 119].

Засуха отрицательно влияет на любую стадию роста растений, но наиболее опасен этот стресс на стадии цветения и налива зерна, поскольку приводит к снижению урожайности на 25–85 %. Стресс из-за засухи на репродуктивной стадии является важным фактором снижения урожайности богарного риса [3].

Поэтому понимание механизмов устойчивости риса к засухе, нахождение устойчивых генотипов риса, выработка новой стратегии и методологии отбора дают много возможностей для увеличения засухоустойчивости. Более важна такая засухоустойчивость, когда сорта не только способны вырасти и развиваться при водном дефиците, но и минимально теряют урожайность. Поэтому ее можно определить, как способность растений не только выжить, но и сформировать достаточную продуктивность в засушливых условиях [4, с. 3509]. Это количественный признак, часто обозначаемый относительными величинами, т. е. значениями различных признаков в условиях засухи относительно таковых в норме.

Интенсивность засухи очень сложна и зависит от различных причин, таких как частота осадков, испарение и влажность почвы [5, с. 108; 6].

Засухоустойчивость риса контролируют четыре разных механизма: избегание, предотвращение, толерантность и восстановление [4, с. 3510; 7, с. 76; 8, с. 73].

Избегание от засухи является уходом от этого стресса растениями, имеющими короткий жизненный цикл. В сельском хозяйстве можно преодолеть сезонную или климатическую засуху за счет раннего срока сева или использования скороспелых сортов.

Предотвращение засухи определяется тем, что растения могут увеличить поглощение воды и снизить ее потери за счет более развитой, глубоко проникающей корневой системы или закрывающихся устьиц, свертывающихся в трубку листьев, более плотного эпидермиса, позволяющих уменьшить транспирацию.

Толерантность – это способность клеток растений выполнять свои функции при дефиците воды, регулируя экспрессию генов и метаболических путей для уменьшения вызванных стрессом повреждений. Растительные клетки накапливают молекулы пролина для осмотической регуляции тургора.

Восстановление – это способность растений восстанавливаться после стресса от засухи, вызвавшего снижение тургора и высушивание листьев.

Засухоустойчивость – это сложный признак, отраженный изменениями на морфологическом, физиологическом, биохимическом и молекулярном уровнях [9, с. 177; 10, с. 266]. Морфологические адаптации включают увеличение длины и толщины корня, листа, уменьшение массы и размеров листьев, более мелкие эпителиальные клетки с восковидным покровом, замедленное старение и увеличение площади зеленых листьев [11, с. 2]. Понимание физиологической адаптации растений к изменениям водообеспеченности может быть использовано в качестве критерия отбора для создания высокоурожайного сорта в условиях засухи [12, с. 2].

Для определения степени засухоустойчивости признаки, связанные с урожайностью, имеют большее предпочтение и эффективность в селекционной работе по созданию засухоустойчивых сортов [13, с. 670].

Скрининг тысяч коллекционных образцов ранее проводился на предмет засухоустойчивости в различных уголках мира, однако пока признаны лишь несколько засухоустойчивых сортов. В Индонезии в результате индуцированной мутации был получен мутант темно-зеленого риса, который является высокоурожайным и устойчивым к засухе при дефиците удобрений и воды [14, с. 3]. Основными причинами минимального успеха являются очень малое количество действительно засухоустойчивых генотипов и отсутствие подходящих методов скрининга [15, с. 278; 16, с. 2].

Цель наших исследований – изучение коллекционных, гибридных и селекционных образцов риса на

устойчивость к длительному пересыханию почвы и воздушной засухе, отбор засухоустойчивых форм для создания сортов нового типа.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Были изучены 68 образцов и сортов риса различного происхождения, в частности, коллекционные образцы риса ВИГРР им. Н. И. Вавилова Золотые всходы (Россия), Маловодотребовательный (Узбекистан), Ан-Юн-Хо, Дин-Сян, Контро, Хун-Мо, Чан-Чунь-Ман (Китай); линии от их скрещивания в предыдущие годы с сортами Боярин, Командор, Кубояр, Раздольный (АНЦ «Донской»); засухоустойчивые линии из гибридной популяции (ЗУЛК) от скрещивания краснодарского сорта Флагман с азиатскими сортами Нагина 22 и Дулар (ФНЦ риса); а также для сравнения сорта Акустик, Аргамак, Боярин, Вирасан, Контакт, Пируэт, Южанин (АНЦ «Донской»), Волгоградский, Сталинградский, Суходол (АНЦ «Донской» и ВНИИОЗ) [17, с. 55; 18, с. 57].

Исследования проводили в 2020–2021 гг. в лаборатории селекции и семеноводства риса АНЦ «Донской» на базе ОП «Пролетарское» Ростовской области. Образцы выращивали на двух вариантах – орошаемом и затопляемом – в трехкратной повторности. Площадь делянки – 10 м<sup>2</sup>, норма высева – 500 семян/м<sup>2</sup>. Полив проводили пуском воды из оросительного канала после посева 10 мая слоем 10 см и в период роста при полном высыхании поверхности почвы: в 2020 г. – 12 июня (5 см), 28 июля (8 см) и 17 августа (10 см), в 2021 г. – 16 июля (7 см). Степень засухоустойчивости определяли по соотношению величины признака в опыте к таковой на контроле (О/К). Математическую обработку данных проводили с использованием программ Excel и Statistica 10.

Погодные условия 2020 г. характеризовались обильными дождями в мае и июне; пониженным количеством осадков в апреле, июле и августе и их отсутствием в сентябре, т. е. высокой степенью засушливости во второй половине вегетации риса. Температурный режим апреля и мая был ниже нормы, а летом и в сентябре превышал ее на 2,3–4,3 °С. В 2021 г. наблюдались сильные дожди в апреле, мае и сентябре, пониженное количество осадков летом и высокая среднемесячная температура летом – на 2,3–4,7 °С выше нормы.

#### Результаты (Results)

В результате исследований было установлено, что растения при нехватке воды и в норме формировались по-разному, при этом первые существенно уступали вторым по урожайности. Средняя урожайность риса в 2021 г. была выше, чем в 2020 г.: на суходоле – в 1,52, на контроле – в 1,70 раза, поскольку этот год был более благоприятным для роста и развития.

В обычных условиях с постоянным затоплением урожайность образцов в среднем за годы исследований колебалась от 4,53 до 9,45 т/га (в среднем 6,69 т/га). В условиях недостаточного увлажнения их урожайность варьировала от 2,65 до 6,10 т/га (в среднем 4,19 т/га). Распределение сортообразцов риса по

засухоустойчивости, выраженной соотношением урожайности при засухе к норме, варьировало от 41,6 до 91,6 %, в среднем – 63,7 % (рис. 1).

Установлено, что 10 сортов и образцов показали степень засухоустойчивости более 75 %. К ним относятся китайские стародавние сорта Контро, Дин-Сян, Ан-Юн-Хо, Чан-Чунь-Ман, российский образец Зо-

лотые всходы, узбекский Маловодотребовательный и образцы гибридного происхождения 7966 (Чан-Чунь-Ман × Южанин), 7979 (Чан-Чунь-Ман × Раздольный), ЗУЛК 2, ЗУЛК 6, у которых соотношение урожайности при засушливых и нормальных условиях составляло от 77,9 до 91,6 % (таблица 1).

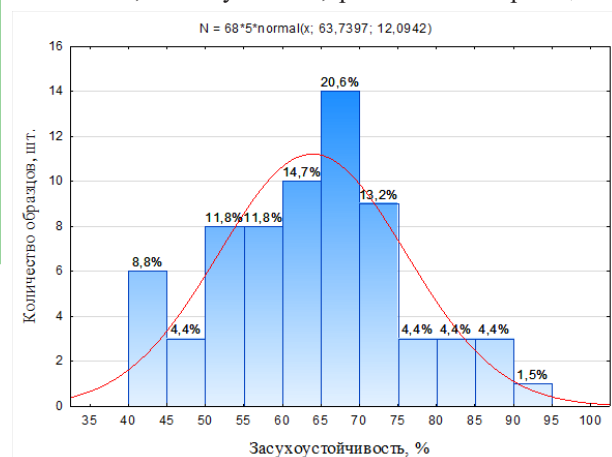


Рис. 1. Распределение образцов риса по соотношению урожайности в опыте к контролю, %

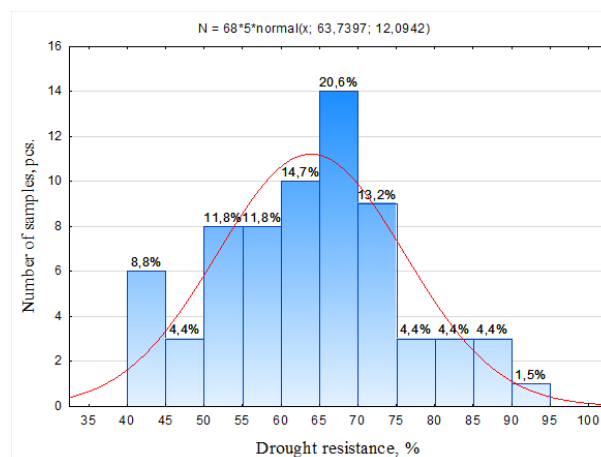


Fig. 1. Distribution of rice samples by the ratio of yield in the experiment to the control, %

Таблица 1  
Урожайность риса при засушливых и нормальных условиях, г. Пролетарск, Ростовская область, 2020–2021 гг.

№ п/п	№ образца	Название сорта, образца	Урожайность, т/га		
			Опыт (О)	Контроль (К)	Соотношение О/К, %
1		Акустик	4,42	7,76	56,9
2		Аргамак	6,10	8,73	69,8
3		Боярин	4,50	6,47	69,6
4		Вирасан	4,41	6,28	70,3
5		Контакт	4,50	6,62	68,0
6		Пируэт	4,57	9,45	48,3
7		Южанин	3,82	7,07	54,0
8	8062	Суходол	4,89	7,52	65,0
9	8208	Сталинградский	4,87	6,75	72,1
10	8154	Волгоградский	4,15	6,23	66,6
11	552	Ан-Юн-Хо (Китай)	4,40	4,91	89,6
12	548	Дин-Сян (Китай)	4,37	5,47	79,9
13	546	Золотые всходы	4,27	4,97	85,9
14	547	Контро (Китай)	4,36	5,54	78,8
15	553	Маловодотребовательный (Узбекистан)	4,15	4,53	91,6
16	550	Хун-Мо (Китай)	3,43	5,09	67,3
17	551	Чан-Чунь-Ман (Китай)	4,89	5,45	89,7
18	7978	(Ламро × Вираз) × Боярин	3,32	5,14	64,7
19	7981	(Суходол × Боярин) × Боярин	4,49	7,02	64,0
20	7926	(Чан-Чунь-Ман × Боярин) × Кубояр	4,52	7,05	64,1
21	7927	(Чан-Чунь-Ман × Боярин) × Кубояр	4,79	7,21	66,3
22	7928	(Чан-Чунь-Ман × Боярин) × Кубояр	3,96	7,45	53,2
23	8032	Волгоградский × Магнат	3,22	7,37	43,6
24	7949	Дин Сян × Боярин	4,30	6,92	62,1
25	7950	Дин Сян × Кубояр	4,00	5,93	67,4
26	7851	ЗУЛК 1 (засуха, д. 1)	3,53	5,63	62,6
27	7852	ЗУЛК 2 (засуха, д. 2)	4,42	5,51	80,1
28	7853	ЗУЛК 3 (засуха, д. 3)	4,64	6,92	67,0
29	7854	ЗУЛК 4 (засуха)	2,82	6,77	41,6
30	7857	ЗУЛК 5 (засуха)	3,83	5,44	70,4
31	7858	ЗУЛК 6 (засуха, тип Боярин)	4,40	5,25	83,8
32	6551	ЗУЛК 7 (засуха, Краснодар)	3,52	6,92	50,9
33	7774	ЗУЛК 8 (засуха, Краснодар)	4,90	7,34	66,7
34	7776	ЗУЛК 9 (засуха, Краснодар)	4,30	6,51	66,0



35	7856	ЗУЛК 10 (засуха, Краснодар)	4,44	6,17	71,9
36	7971	ЗУЛК 11 (засуха, Краснодар)	3,42	7,13	47,9
37	7826	ЗУЛК 12 (остистый)	3,91	8,71	44,9
38	7775	ЗУЛК 13 (засуха, черное зерно)	2,95	6,76	43,6
39	7855	ЗУЛК 14 (засуха, черное зерно)	3,25	5,90	55,1
40	8224	ЗУЛК 15 (засуха, черное зерно)	3,90	5,31	73,4
41	7953	Командор × Ан-Юн-Хо	4,18	7,82	53,5
42	7954	Командор × Золотые всходы	4,05	6,09	66,5
43	7952	Командор × Маловодотребовательный	4,85	6,90	70,3
44	7955	Командор × Хун-Мо	4,38	6,22	70,4
45	7968	Командор × Чан-Чунь-Ман	4,17	5,93	70,3
46	7969	Командор × Чан-Чунь-Ман	4,22	6,54	64,5
47	7970	Командор × Чан-Чунь-Ман	5,24	7,14	73,4
48	7958	Контро × Боярин	4,05	7,04	57,6
49	8646	Контро × Кубояр	4,53	8,91	50,8
50	7844	Раздольный × Суходольный	3,56	6,39	55,7
51	6284	Скомс белый × Кубань 3	3,51	6,10	57,6
52	7791	Скомс белый × Кубань 3	2,65	6,35	41,7
53	7793	Скомс белый × Кубань 3	3,31	6,40	51,8
54	7967	Скомс белый × Кубань 3	4,44	6,44	68,9
55	6465	Суходол × Боярин	3,15	7,03	44,8
56	7970	Суходольный 554 × Кубояр	4,15	7,05	58,9
57	7972	Чан-Чунь-Ман × Боярин	3,73	8,10	46,0
58	7973	Чан-Чунь-Ман × Боярин	4,36	7,42	58,8
59	7974	Чан-Чунь-Ман × Боярин	4,20	8,17	51,4
60	7975	Чан-Чунь-Ман × Боярин	4,35	7,04	61,8
61	7976	Чан-Чунь-Ман × Боярин	4,72	7,54	62,6
62	5703	Чан-Чунь-Ман × Боярин	3,90	7,71	50,6
63	7972	Чан-Чунь-Ман × Кубояр	4,16	7,47	55,7
64	6472	Чан-Чунь-Ман × Раздольный	4,60	7,30	63,0
65	7977	Чан-Чунь-Ман × Раздольный	4,72	7,06	66,9
66	7979	Чан-Чунь-Ман × Раздольный	5,57	6,91	80,5
67	7965	Чан-Чунь-Ман × Южанин	4,33	6,43	67,4
68	7966	Чан-Чунь-Ман × Южанин	4,82	6,18	77,9
		Средние	4,19	6,69	62,6
		НСР <sub>05</sub>	0,62	1,00	

Table 1  
Rice yield in drought and under normal conditions, Proletarsk, Rostov region, 2020–2021

No.	Number of sample	Name of variety, sample	Yield, t/ha		
			Test (T)	Control (C)	Ratio T/C, %
1		Akustik	4.42	7.76	56.9
2		Argamak	6.10	8.73	69.8
3		Boyarin	4.50	6.47	69.6
4		Virasan	4.41	6.28	70.3
5		Kontakt	4.50	6.62	68.0
6		Piruet	4.57	9.45	48.3
7		Yuzhanin	3.82	7.07	54.0
8	8062	Sukhodol	4.89	7.52	65.0
9	8208	Stalingradskiy	4.87	6.75	72.1
10	8154	Volgogradskiy	4.15	6.23	66.6
11	552	An-Yun-Kho (China)	4.40	4.91	89.6
12	548	Din-Syan (China)	4.37	5.47	79.9
13	546	Zolotye vskhody	4.27	4.97	85.9
14	547	Kontro (China)	4.36	5.54	78.8
15	553	Malovodotrebvatel'nyy (Uzbekistan)	4.15	4.53	91.6
16	550	Khun-Mo (China)	3.43	5.09	67.3
17	551	Chan-Chun'-Man (China)	4.89	5.45	89.7
18	7978	(Lampo × Virazh) × Boyarin	3.32	5.14	64.7
19	7981	(Sukhodol × Boyarin) × Boyarin	4.49	7.02	64.0
20	7926	(Chan-Chun'-Man × Boyarin) × Kuboyar	4.52	7.05	64.1
21	7927	(Chan-Chun'-Man × Boyarin) × Kuboyar	4.79	7.21	66.3
22	7928	(Chan-Chun'-Man × Boyarin) × Kuboyar	3.96	7.45	53.2

23	8032	<i>Volgogradskiy × Magnat</i>	3.22	7.37	43.6
24	7949	<i>Din Syan × Boyarin</i>	4.30	6.92	62.1
25	7950	<i>Din Syan × Kuboyar</i>	4.00	5.93	67.4
26	7851	<i>ZULK 1 (drought, 1)</i>	3.53	5.63	62.6
27	7852	<i>ZULK 2 (drought, 2)</i>	4.42	5.51	80.1
28	7853	<i>ZULK 3 (drought, 3)</i>	4.64	6.92	67.0
29	7854	<i>ZULK 4 (drought)</i>	2.82	6.77	41.6
30	7857	<i>ZULK 5 (drought)</i>	3.83	5.44	70.4
31	7858	<i>ZULK 6 (drought, type Boyarin)</i>	4.40	5.25	83.8
32	6551	<i>ZULK 7 (drought, Krasnodar)</i>	3.52	6.92	50.9
33	7774	<i>ZULK 8 (drought, Krasnodar)</i>	4.90	7.34	66.7
34	7776	<i>ZULK 9 (drought, Krasnodar)</i>	4.30	6.51	66.0
35	7856	<i>ZULK 10 (drought, Krasnodar)</i>	4.44	6.17	71.9
36	7971	<i>ZULK 11 (drought, Krasnodar)</i>	3.42	7.13	47.9
37	7826	<i>ZULK 12 (barbate)</i>	3.91	8.71	44.9
38	7775	<i>ZULK 13 (drought, black grain)</i>	2.95	6.76	43.6
39	7855	<i>ZULK 14 (drought, black grain)</i>	3.25	5.90	55.1
40	8224	<i>ZULK 15 (drought, black grain)</i>	3.90	5.31	73.4
41	7953	<i>Komandor × An-Yun-Kho</i>	4.18	7.82	53.5
42	7954	<i>Komandor × Zolotye vskhody</i>	4.05	6.09	66.5
43	7952	<i>Komandor × Malovodotrebovatel'nyy</i>	4.85	6.90	70.3
44	7955	<i>Komandor × Khun-Mo</i>	4.38	6.22	70.4
45	7968	<i>Komandor × Chan-Chun'-Man</i>	4.17	5.93	70.3
46	7969	<i>Komandor × Chan-Chun'-Man</i>	4.22	6.54	64.5
47	7970	<i>Komandor × Chan-Chun'-Man</i>	5.24	7.14	73.4
48	7958	<i>Kontro × Boyarin</i>	4.05	7.04	57.6
49	8646	<i>Kontro × Kuboyar</i>	4.53	8.91	50.8
50	7844	<i>Razdol'nyy × Sukhodol'nyy</i>	3.56	6.39	55.7
51	6284	<i>Skoms belyy × Kuban' 3</i>	3.51	6.10	57.6
52	7791	<i>Skoms belyy × Kuban' 3</i>	2.65	6.35	41.7
53	7793	<i>Skoms belyy × Kuban' 3</i>	3.31	6.40	51.8
54	7967	<i>Skoms belyy × Kuban' 3</i>	4.44	6.44	68.9
55	6465	<i>Sukhodol × Boyarin</i>	3.15	7.03	44.8
56	7970	<i>Sukhodol'nyy 554 × Kuboyar</i>	4.15	7.05	58.9
57	7972	<i>Chan-Chun'-Man × Boyarin</i>	3.73	8.10	46.0
58	7973	<i>Chan-Chun'-Man × Boyarin</i>	4.36	7.42	58.8
59	7974	<i>Chan-Chun'-Man × Boyarin</i>	4.20	8.17	51.4
60	7975	<i>Chan-Chun'-Man × Boyarin</i>	4.35	7.04	61.8
61	7976	<i>Chan-Chun'-Man × Boyarin</i>	4.72	7.54	62.6
62	5703	<i>Chan-Chun'-Man × Boyarin</i>	3.90	7.71	50.6
63	7972	<i>Chan-Chun'-Man × Kuboyar</i>	4.16	7.47	55.7
64	6472	<i>Chan-Chun'-Man × Razdol'nyy</i>	4.60	7.30	63.0
65	7977	<i>Chan-Chun'-Man × Razdol'nyy</i>	4.72	7.06	66.9
66	7979	<i>Chan-Chun'-Man × Razdol'nyy</i>	5.57	6.91	80.5
67	7965	<i>Chan-Chun'-Man × Yuzhanin</i>	4.33	6.43	67.4
68	7966	<i>Chan-Chun'-Man × Yuzhanin</i>	4.82	6.18	77.9
		<i>Average</i>	4.19	6.69	62.6
		<i>LSD<sub>05</sub></i>	0.62	1.00	

Из них более высокую урожайность в условиях недостаточного увлажнения сформировал образец 7979 (Чан-Чунь-Ман × Раздольный) – 5,57 т/га, остальные – от 4,15 до 4,82 т/га. Эти образцы скороспелые, что позволяет им рано созреть, используя минимальное количество воды для формирования урожая. При затоплении их урожайность ненамного выше, что и обуславливает их высокий процент засухоустойчивости.

Среди изученного набора были выделены образцы с небольшим соотношением О/К, однако способные давать высокую урожайность в засушливых усло-

виях, что обусловлено их биологическим потенциалом продуктивности. Максимальную урожайность в условиях засухи сформировал новый сорт селекции АНЦ «Донской» Аргмак – 6,10 т/га. Однако на контроле его урожайность была значительно выше (8,73 т/г), поэтому соотношение О/К снизилось до 69,8 %. Этот сорт можно рекомендовать для широкого выращивания не только на рисовых чеках, но и в богарных условиях на периодическом орошении. Неплохую урожайность зерна в опыте показали также селекционные образцы: 7970 (Командор × Чан-Чунь-Ман) – 5,24 т/га, ЗУЛК 8 – 4,90 т/га.

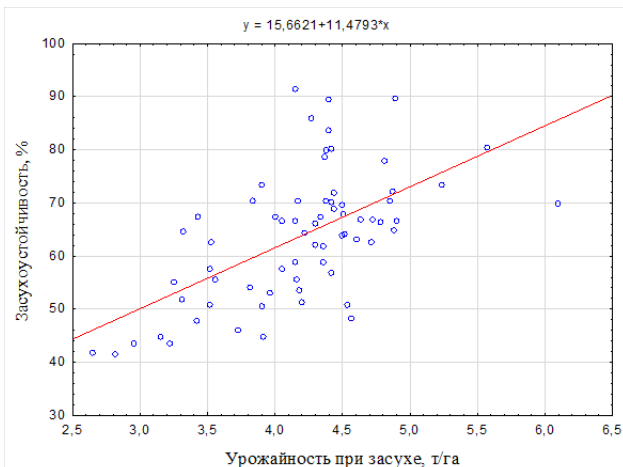


Рис. 2. Регрессионная зависимость засухоустойчивости риса от его урожайности при засухе

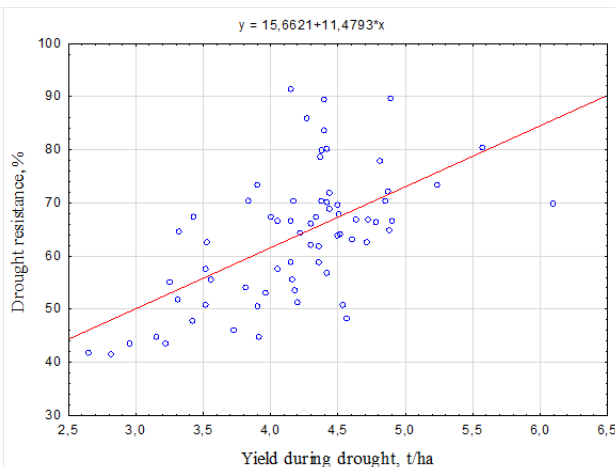


Fig. 2. Regression dependence of rice drought tolerance on its yield during drought

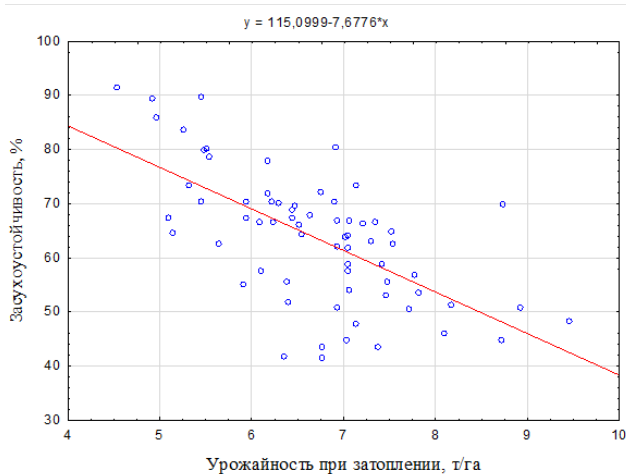


Рис. 3. Регрессионная зависимость засухоустойчивости риса от его урожайности при затоплении

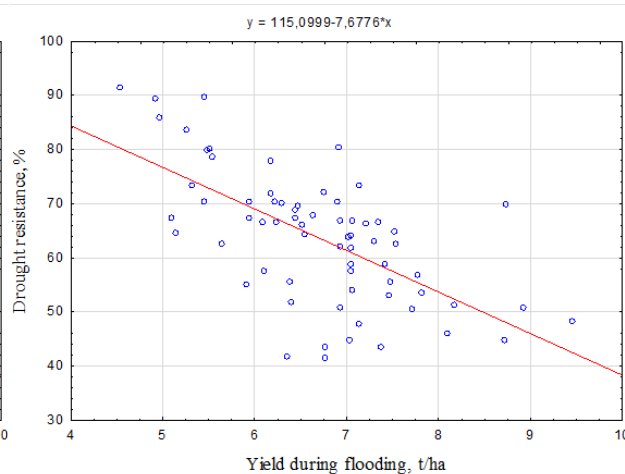


Fig. 3. Regression dependence of rice drought resistance on its yield during flooding

Наибольшую урожайность на контроле показал сорт Пируэт – 9,45 т/га, однако в опыте она была в 2 раза меньше (4,57 т/га), что свидетельствует о его низкой засухоустойчивости (48,3 %).

Минимальная величина О/К оказалась у сортообразцов ЗУЛК 4 (41,6 %) ЗУЛК 13 (43,6 %), и ЗУЛК 12 (44,9 %). Эти краснодарские образцы цвели и созревали значительно позже, что было обусловлено как генотипами, так и влиянием засухи, тормозящей развитие и повышающей стерильность колосков. Поэтому в суходольных условиях раннеспелые формы предпочтительнее выращивать, чем средне- и позднеспелые.

Корреляция урожайности при засухе с урожайностью при затоплении была слабой положительной ( $r = 0,23 \pm 0,01$ ), с их соотношением О/К была средней положительной ( $r = 0,59 \pm 0,01$ ), а связь урожайности при затоплении с засухоустойчивостью – средней отрицательной ( $r = -0,64 \pm 0,01$ ).

Регрессионная зависимость засухоустойчивости от урожайности риса при засухе показывает положительную динамику  $y = 15,7 + 11,5$ , при этом относительно высокая урожайность (более 5,5 т/га) может быть как при высоких значениях О/К (80 %), так и при средних (70 %) (рис. 2).

Регрессионная зависимость засухоустойчивости от урожайности риса при затоплении, наоборот, показала отрицательную динамику  $y = 115,1 - 7,7$  (рис. 3). Максимальная засухоустойчивость была у низкопродуктивных скороспелых маньчжурских образцов, которые к тому же имели склонность к полеганию.

Минимальную засухоустойчивость показали высокопродуктивный сорт Пируэт, образцы 8646 (Контроль × Кубояр), ЗУЛК 12 и формы со средней продуктивностью ЗУЛК 4, ЗУЛК 13, 8032 (Волгоградский × Магнат). Таким образом, повышение засухоустойчивости может включать отбор растений, у которых быстро проходят все фазы развития, однако это снижает продуктивность.

#### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В процессе исследований было установлено, что механизмы устойчивости к недостаточному увлажнению и формирование урожайности зерна риса могут быть совершенно разными. Поэтому необходимо оптимальное сочетание всех составляющих этого свойства растений риса.

Максимальную урожайность в засушливых условиях сформировали сорта Аргамак – 6,10 т/га, 7970 (Командор × Чан-Чунь-Ман) – 5,24 т/га, ЗУЛК 8 – 4,90 т/га, Суходол – 4,89 т/га, 7979 (Чан-Чунь-Ман ×

Раздольный) – 5,57 т/га, Чан-Чунь-Ман – 4,89 т/га. При этом первые четыре имели высокий потенциал продуктивности и на затоплении, а последние два лишь немного превышали таковой при засухе, что выразилось в повышенной засухоустойчивости по показателю соотношения О/К.

Коллекционные образцы, такие как Маловодотребовательный (Узбекистан), Ан-Юн-Хо (Китай), с высоким показателем О/К (89,7–91,6 %), несмотря на высокую устойчивость к дефициту влаги, могут быть использованы в селекционном процессе лишь в

качестве источников или доноров при создании более продуктивных стрессоустойчивых сортов риса.

В результате проведенных исследований из комплекта 68 сортов и образцов выделены формы, толерантные к недостатку влаги, которые можно культивировать в богарных хозяйствах с использованием различных систем периодического орошения. Затраты поливной воды будут при этом на порядок ниже, чем в чеках при затоплении с обеспечением проточности воды в течение вегетационного периода.

#### Библиографический список

- Mittler R., Blumwald E. Genetic engineering for modern agriculture: challenges and perspectives // *Annual Review of Plant Biology*. 2010. No. 61. Pp. 443–462. DOI: 10.1146/annurev-arplant-042809-112116.
- Panda D., Sakambari S., Prafulla M., Behera K. Drought Tolerance in Rice: Focus on Recent Mechanisms and Approaches // *Rice Science*. 2021. Vol. 28. Iss. 2. Pp. 119–132. DOI: 10.1016/j.rsci.2021.01.002.
- Barik S. R., Pandit E., Pradhan S. K., Mohanty S. P., Mohapatara T. Genetic mapping of morpho-physiological traits involved during reproductive stage drought tolerance in rice // *PLoS One*. 2019. No. 14 (12). Article number e0214979. DOI: 10.1371/journal.pone.0214979.
- Luo L. J. Breeding for water-saving and drought resistance rice (WDR) in China // *Journal of Experimental Botany*. 2010. No. 61(13). Pp. 3509–3517. DOI: 10.1093/jxb/erq185.
- Hao Z. C., Singh V. P., Xia Y. L. Seasonal drought prediction: Advances, challenges, and future prospects // *Reviews of Geophysics*. 2018. No. 56 (1). Pp. 108–141. DOI: 10.1002/2016RG000549.
- Oladosu Y., Rafii M. Y., Samuel C., Fatai A., Magaji U., Kareem I., Kamarudin Z. S., Muhammad I., Kolapo K. Drought resistance in rice from conventional to molecular breeding: A review // *International Journal of Molecular Sciences*. 2019. No. 20 (14). Article number 3519. DOI: 10.3390/ijms20143519.
- Bin Rahman A. N. M. R., Zhang J. H. Flood and drought tolerance in rice: Opposite but may coexist // *Food Energy Security*. 2016. No. 5 (2). Pp. 76–88. DOI: 10.1002/fes3.79.
- You J., Xiong L. Genetic Improvement of Drought Resistance in Rice // In: Jaiwal P. K. et al. (eds.) *Genetic Manipulation in Plants for Mitigation of Climate Change*. Springer, India, 2015. Pp. 73–76. DOI: 10.1007/978-81-322-2662-8\_1.
- Upadhyaya H., Panda S. K. Drought stress responses and its management in rice // In: Hasanuzzaman M., Fujita M., Nahar K., Biswas J. K. *Advances in Rice Research for Abiotic Stress Tolerance*. UK: Elsevier, 2019. Pp. 177–200. DOI: 10.1016/B978-0-12-814332-2.00009-5.
- Gupta A., Rico-Medina A., Caño-Delgado A. I. The physiology of plant responses to drought // *Science*. 2020. No. 368. Pp. 266–269. DOI: 10.1126/science.aaz7614.
- Sahebi M., Hanafi M. M., Rafii M. Y., Mahmud T. M. M., Azizi P., Osman M., Miah G. Improvement of drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.): Genetics, genomic tools, and the WRKY gene family // *BioMed Research International*. 2018. Article number 3158474. DOI: 10.1155/2018/3158474.
- Fahad S., Bajwa A. A., Nazir U., et al. Crop production under drought and heat stress: Plant responses and management options // *Frontiers in Plant Science*. 2017. No. 8. Article number 1147. DOI: 10.3389/fpls.2017.01147.
- Melandri G., Abdelgawad H., Riewe D., Hageman J. A., Asard H., Beemster G. T. S., Kadam N., Jagadish K., Altmann T., Ruyter-Spira C., Bouwmeester H. Biomarkers for grain yield stability in rice under drought stress // *Journal of Experimental Botany*. 2020. No. 71 (2). Pp. 669–683. DOI: 10.1093/jxb/erz221.
- Efendi B., Sabaruddin Z., Lukman H. Mutation with gamma rays irradiation to assemble green super rice tolerant to drought stress and high yield rice (*Oryza sativa* L.) // *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology*. 2017. No. 5. Pp. 1–5.
- Singh R., Singh Y., Xalaxo S., et al. From QTL to variety-harnessing the benefits of QTLs for drought, flood and salt tolerance in mega rice varieties of India through a multi-institutional network // *Plant Science*. 2016. No. 242. Pp. 278–287. DOI: 10.1016/j.plantsci.2015.08.008.
- Singh S., Kumar A., Panda D., Modi M. K., Sen P. Identification and characterization of drought responsive miRNAs from a drought tolerant rice genotype of Assam // *Plant genetics*. 2020. No. 21. Article number 100213. DOI: 10.1016/j.plgene.2019.100213.
- Костылев П. И., Краснова Е. В., Аксенов А. В. Селекционная работа по маловодотребовательному рису в АНЦ «Донской» // *Зерновое хозяйство России*. 2020. № 1 (67). С. 54–58. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-54-58.
- Костылев П. И., Краснова Е. В., Аксенов А. В. Оценка засухоустойчивости образцов риса по изменению урожайности при нехватке влаги // *Аграрная наука*. 2020. Т. 343. № 11-12. С. 56–59. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-343-11-56-59.

**Об авторах:**

Павел Иванович Костылев<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID 0000-0002-4371-6848, AuthorID 162616; +7 918 561-11-53, [p-kostylev@mail.ru](mailto:p-kostylev@mail.ru)

Александр Владимирович Аксенов<sup>1</sup>, агроном лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID 0000-0002-6641-878X, AuthorID 1070975; [aleksandraksenov774@gmail.com](mailto:aleksandraksenov774@gmail.com)

Елена Викторовна Краснова<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID 0000-0002-3392-4774, AuthorID 162618; [krasnovaelena67@mail.ru](mailto:krasnovaelena67@mail.ru)

<sup>1</sup> Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Россия

## Study of rice resistance to water deficiency

P. I. Kostylev<sup>✉</sup>, A. V. Aksenov<sup>1</sup>, E. V. Krasnova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Agrarian Research Center “Donskoy”, Zernograd, Russia

<sup>✉</sup>E-mail: [p-kostylev@mail.ru](mailto:p-kostylev@mail.ru)

**Abstract.** Of the various abiotic stresses, the most important limitation of rice production in many countries is drought or water scarcity. **The aim** of the study is to study collection, hybrid and breeding varieties and samples of rice for tolerance to prolonged soil and air drought, to select drought-resistant forms for breeding new varieties. **Methods.** The objects of research – 68 varieties and samples of dry land rice were cultivated in irrigated and flooded areas (Proletarsk, Rostov region) in three repetitions. Plot area – 10 m<sup>2</sup>, seeding rate – 500 seeds/m<sup>2</sup>. Irrigation was carried out by the release of water from the irrigation canal after sowing on May 10 with a layer of 10 cm and during the growth period with complete drying of the soil surface. The degree of drought resistance was determined by the ratio of the value of the trait in the test to that in the control (T/C). **Scientific novelty.** The different degrees of drought resistance of rice samples were determined by the ratio of grain productivity under conditions of water deficit and sufficient water supply, new regularities were revealed. **Results.** It was found that varieties and samples during drought and flooding formed different grain yields, which, with a moisture deficit, averaged 63.7 % of the norm. The correlation between the yield during drought and the yield upon flooding was weak positive ( $r = 0.23 \pm 0.01$ ), with their T/C ratio – average positive ( $r = 0.59 \pm 0.01$ ), and the relationship between the yield upon flooding and drought resistance – medium negative ( $r = -0.64 \pm 0.01$ ). 10 cultivars and samples with a degree of drought tolerance of more than 75 % were identified, such as An-Yun-Ho, Chan-Chun'-Man, Zoloty vskhody, Malovodorebovatelnyy, ZULK 2, ZULK 6, in which the ratio of yield under dry and normal conditions ranged from 77, 9 to 91.6 %. The maximum yield in drought conditions was formed by a new selection variety of the ARC “Donskoy” Argamak – 6.10 t/ha and selection samples: 7970 (Komandor × Chan-Chun'-Man) – 5.24 t/ha, ZULK 8 – 4.90 t/ha.

**Keywords:** rice, variety, sample, source, dry land, drought resistance, periodic irrigation, yield.

**For citation:** Kostylev P. I., Aksenov A. V., Krasnova E. V. Izuchenie ustoychivosti risa k vodnomu defitsitu [Study of rice resistance to water deficiency] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 01 (216). Pp. 12–20. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-12-20.

**Date of paper submission:** 13.10.2021, **date of review:** 26.10.2021, **date of acceptance:** 12.11.2021.

### References

- Mittler R., Blumwald E. Genetic engineering for modern agriculture: challenges and perspectives // Annual Review of Plant Biology. 2010. No. 61. Pp. 443–462. DOI: 10.1146/annurev-arplant-042809-112116.
- Panda D., Sakambari S., Prafulla M., Behera K. Drought Tolerance in Rice: Focus on Recent Mechanisms and Approaches // Rice Science. 2021. Vol. 28. Iss. 2. Pp. 119–132. DOI: 10.1016/j.rsci.2021.01.002.
- Barik S. R., Pandit E., Pradhan S. K., Mohanty S. P., Mohapatara T. Genetic mapping of morpho-physiological traits involved during reproductive stage drought tolerance in rice // PLoS One. 2019. No. 14 (12). Article number e0214979. DOI: 10.1371/journal.pone.0214979.
- Luo L. J. Breeding for water-saving and drought resistance rice (WDR) in China // Journal of Experimental Botany. 2010. No. 61(13). Pp. 3509–3517. DOI: 10.1093/jxb/erq185.
- Hao Z. C., Singh V. P., Xia Y. L. Seasonal drought prediction: Advances, challenges, and future prospects // Reviews of Geophysics. 2018. No. 56 (1). Pp. 108–141. DOI: 10.1002/2016RG000549.
- Oladosu Y., Rafii M. Y., Samuel C., Fatai A., Magaji U., Kareem I., Kamarudin Z. S., Muhammad I., Kolapo K. Drought resistance in rice from conventional to molecular breeding: A review // International Journal of Molecular Sciences. 2019. No. 20 (14). Article number 3519. DOI: 10.3390/ijms20143519.

7. Bin Rahman A. N. M. R., Zhang J. H. Flood and drought tolerance in rice: Opposite but may coexist // *Food Energy Security*. 2016. No. 5 (2). Pp. 76–88. DOI: 10.1002/fes3.79.
8. You J., Xiong L. Genetic Improvement of Drought Resistance in Rice // In: Jaiwal P. K. et al. (eds.) *Genetic Manipulation in Plants for Mitigation of Climate Change*. Springer, India, 2015. Pp. 73–76. DOI: 10.1007/978-81-322-2662-8\_1.
9. Upadhyaya H., Panda S. K. Drought stress responses and its management in rice // In: Hasanuzzaman M., Fujita M., Nahar K., Biswas J. K. *Advances in Rice Research for Abiotic Stress Tolerance*. UK: Elsevier, 2019. Pp. 177–200. DOI: 10.1016/B978-0-12-814332-2.00009-5.
10. Gupta A., Rico-Medina A., Caño-Delgado A. I. The physiology of plant responses to drought // *Science*. 2020. No. 368. Pp. 266–269. DOI: 10.1126/science.aaz7614.
11. Sahebi M., Hanafi M. M., Rafii M. Y., Mahmud T. M. M., Azizi P., Osman M., Miah G. Improvement of drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.): Genetics, genomic tools, and the WRKY gene family // *BioMed Research International*. 2018. Article number 3158474. DOI: 10.1155/2018/3158474.
12. Fahad S., Bajwa A. A., Nazir U., et al. Crop production under drought and heat stress: Plant responses and management options // *Frontiers in Plant Science*. 2017. No. 8. Article number 1147. DOI: 10.3389/fpls.2017.01147.
13. Melandri G., Abdelgawad H., Riewe D., Hageman J. A., Asard H., Beemster G. T. S., Kadam N., Jagadish K., Altmann T., Ruyter-Spira C., Bouwmeester H. Biomarkers for grain yield stability in rice under drought stress // *Journal of Experimental Botany*. 2020. No. 71 (2). Pp. 669–683. DOI: 10.1093/jxb/erz221.
14. Efendi B., Sabaruddin Z., Lukman H. Mutation with gamma rays irradiation to assemble green super rice tolerant to drought stress and high yield rice (*Oryza sativa* L.) // *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology*. 2017. No. 5. Pp. 1–5.
15. Singh R., Singh Y., Xalaxo S., et al. From QTL to variety-harnessing the benefits of QTLs for drought, flood and salt tolerance in mega rice varieties of India through a multi-institutional network // *Plant Science*. 2016. No. 242. Pp. 278–287. DOI: 10.1016/j.plantsci.2015.08.008.
16. Singh S., Kumar A., Panda D., Modi M. K., Sen P. Identification and characterization of drought responsive miRNAs from a drought tolerant rice genotype of Assam // *Plant genetics*. 2020. No. 21. Article number 100213. DOI: 10.1016/j.plgene.2019.100213.
17. Kostylev P. I., Krasnova E. V., Aksenov A. V. Selektionnaya rabota po malovodotrebovatel'nomu risu v ANTs "Donskoy" [Breeding work on low-water-demanding rice in the ARC "Donskoy"] // *Grain Economy of Russia*. 2020. No. 1 (67). Pp. 54–58. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-54-58.
18. Kostylev P. I., Krasnova E. V., Aksenov A. V. Otsenka zasukhoustoychivosti obraztsov risa po izmeneniyu urozhaynosti pri nekhvatke vlagi [Assessment of drought tolerance of rice samples by changes in yield with a lack of moisture] // *Agrarian science*. 2020. Vol. 343. No. 11-12. Pp. 56–59. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-343-11-56-59.

#### **Authors' information:**

Pavel I. Kostylev<sup>1</sup>, doctor of agricultural sciences, professor, chief researcher of the laboratory of rice breeding and seed production, ORCID 0000-0002-4371-6848, AuthorID 162616; +7 918 561-11-53, [p-kostylev@mail.ru](mailto:p-kostylev@mail.ru)

Aleksandr V. Aksenov<sup>1</sup>, agronomist of the laboratory of rice breeding and seed production, ORCID 0000-0002-6641-878X, AuthorID 1070975; [aleksandraksenov774@gmail.com](mailto:aleksandraksenov774@gmail.com)

Elena V. Krasnova<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, leading researcher of laboratory of rice breeding and seed production, ORCID 0000-0002-3392-4774, AuthorID 162618; [krasnovalena67@mail.ru](mailto:krasnovalena67@mail.ru)

<sup>1</sup> Agrarian Research Center "Donskoy", Zernograd, Russia

## Выход разноцелевого урожая кормовых культур в Акмолинской области Казахстана

Н. В. Малицкая<sup>1</sup>✉, О. Д. Шойкин<sup>2</sup>, М. А. Аужанова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева, Петропавловск, Казахстан

<sup>2</sup> Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина, Омск, Россия

<sup>3</sup> Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова, Кокшетау, Казахстан

✉ E-mail: natali\_gorec@mail.ru

**Аннотация.** Цель – увеличить общий выход урожая кормовых культур для приготовления разноцелевых кормов в экологических условиях Акмолинской области Казахстана. **Научная новизна** заключается в том, что была внедрена зональная схема укосного использования кормовых культур. Экологические факторы и научно обоснованные укосы положительно повлияли на такие элементы структуры урожая, как количество стеблей на 1 м<sup>2</sup>; вес стебля, г; высота, см, которые позволили увеличить суммарный урожай каждой культуры и общий выход зеленой массы из схемы. Зеленая масса разного развития и, соответственно, химического состава, предназначена для приготовления сочных и витаминизированных кормов. Производство продуктов мясо-молочного направления лежит через доступ животных к качественным, сбалансированным и разнообразным кормам. В Акмолинской области из традиционных культур рекомендуется возделывать кукурузу (*Zea mays*), люцерну (*Medicago varia* Mart) и такую перспективную культуру, как горец забайкальский (*Aconogonon divaricatum* (L.) Nakai). **Методы.** Исследование «Возделывание кормовых культур для разноцелевых направлений: силоса (кукуруза, горец забайкальский), сенажа (люцерна изменчивая, горец), витаминно-травяной муки (люцерна, горец) в зависимости от схем укосного использования: 1 и 2» было проведено в условиях умеренно-засушливой степи в течение трех лет с 2012 по 2015 г. Учеты и наблюдения проводились в соответствии с методическими указаниями Всероссийского научно-исследовательского института кормов имени В. Р. Вильямса. Экспериментальные данные обрабатывались методом математической статистики в изложении Б. А. Доспехова. **Результаты.** Среди испытанных схем укосного использования результаты по выходу разноцелевого урожая и элементам структуры отличились в схеме 2. Так, у горца забайкальского суммарная урожайность составила 54,72 т/га; у люцерны – 19,12 т/га, у кукурузы – 13,80 т/га. Данную схему рекомендуем использовать в годы с оптимальными экологическими условиями. На зеленую массу культур температура воздуха и осадки влияют по-разному: на урожайность горца забайкальского – на уровне  $R^2_{yx} \cdot z$  – 43 %, люцерны – 8 %, кукурузы – 3 %. Обеспеченность сочными и витаминизированными кормами в Акмолинской области составила 42 %, остальные 58 % представлены грубыми кормами и зерноотходами.

**Ключевые слова:** *Medicago varia* Mart, *Aconogonon divaricatum* (L.) Nakai, *Zea mays*, урожайность зеленой массы, элементы структуры, укосное использование, направления на корм, экологические факторы.

**Для цитирования:** Малицкая Н. В., Шойкин О. Д., Аужанова М. А. Выход разноцелевого урожая кормовых культур в Акмолинской области Казахстана // Аграрный вестник Урала. 2022. № 01 (216). С. 21–38. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-21-38.

**Дата поступления статьи:** 18.10.2021, **дата рецензирования:** 29.10.2021, **дата принятия:** 11.11.2021.

### Постановка проблемы (Introduction)

В структуре производственных затрат на животноводческую продукцию корма занимают 65–70 % [1, с. 146]. Пищевая ценность местных кормовых видов, идентифицированных в Восточной Танзании, оказалась слишком низкой для удовлетворения потребностей скота в питательных веществах [2, с. 313].

На засушливых землях содержится 50 % мирового поголовья скота и выращивается 44 % мировых продуктов питания. Чрезмерный выпас влияет на истощение пастбищ Центральной Аргентины [3, с. 1].

Чтобы наладить сельскохозяйственную деятельность и продовольственную безопасность без угрозы для глобального биоразнообразия, необходимы более гибкие агроэкологические руководящие принципы, такие как ограничения по времени выпаса скота, скашивание сена и другие. Более качественные корма в сравнении с зерновыми культурами и сеном из простых смесей можно получить, используя экологический подход к полустественным ландшафтам, в том числе используя межвидовой и внутривидовой отбор [4, с. 193].

Доступ сельскохозяйственных животных к качественным кормам лежит в основе системы управления «Корма, выпас, рентабельность», используемой фермерами США для производства продуктов питания мясо-молочного направления [5, с. 535].

В основу нормированного кормления сельскохозяйственных животных положены принципы сбалансированного поедания в соответствии с их физиологической потребностью [6, с. 1–2]. Для обеспечения полноценного кормления животных необходимо разнообразить их рацион сбалансированными кормами.

Для производства сочных и витаминизированных кормов в Акмолинской области рекомендуется возделывать, кроме кукурузы и люцерны, и нетрадиционную кормовую культуру горец забайкальский из семейства гречишных. Культура относится к экологической группе: мезоксерофит, является представителем сухой степи [7, с. 73], относится к разнотравью, например, в Монголии располагается у подножья гор, в траншеях, канавах, в структуре растительности занимает 45–65 % [8, с. 133].

Кукурузу скашивают один раз за вегетационный период, а кормовые травы – два. Технология двухукосного использования уже апробирована в природных условиях Северного Казахстана. Производство питательных, высоких и устойчивых урожаев кормовых культур в условиях Акмолинской области Казахстана является актуальным направлением исследования.

Цель – увеличить общий выход урожая кормовых культур для приготовления разноцелевых кормов в экологических условиях Акмолинской области Казахстана.

Задачи:

- установить влияние структурных элементов урожая на урожайность культур в укосном использовании;
- определить влияние экологических факторов (температуры воздуха и атмосферных осадков) на формирование урожайности.

**Методология и методы исследования (Methods)**

Научный опыт был заложен на опытном поле КГУ им. Ш. Уалиханова в 2012–2015 гг. в рамках исследования «Возделывание кормовых культур для разноцелевых направлений: силоса (кукуруза, горец забайкальский), сенажа (люцерна изменчивая, горец), витаминно-травяную муку (люцерна, горец) в зависимости от схем укосного использования: 1 и 2».

Схема 1. Сравнительная оценка урожайности и общий выход разноцелевого урожая кормовых культур:

1. Кукуруза: укос в фазе молочно-восковой спелости зерна (силос) – контроль.
2. Люцерна изменчивая: первый укос в фазе бутонизации на витаминно-травяную муку, второй укос в фазе цветения на сенаж – контроль.
3. Горец забайкальский: первый укос в фазе бутонизации на витаминно-травяную муку, второй укос в фазе цветения на сенаж и силос.

Схема 2. Сравнительная оценка урожайности и общий выход разноцелевого урожая кормовых культур:

1. Кукуруза: укос в фазе молочно-восковой спелости зерна (силос) – контроль.

Таблица 1  
**Метеорологические условия степной зоны Акмолинской области за 2012–2015 гг.**

Показатели	Месяцы					За вегетационный период
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	
<b>2012</b>						
Температура воздуха, °С	14,2	20,3	22,3	22,3	12,6	18,3
Атмосферные осадки, мм	28,0	104,0	49,0	49,0	20,3	250,3
Гидротермический коэффициент	0,19	0,51	0,21	0,21	0,16	1,28
<b>2013</b>						
Температура воздуха, °С	12,2	17,1	19,2	19,2	11,3	15,8
Атмосферные осадки, мм	45,6	41,2	314,0	145,0	25,9	114,3
Гидротермический коэффициент	0,37	0,24	1,63	0,75	0,22	3,21
<b>2014</b>						
Температура воздуха, °С	15,1	19,9	16,0	18,9	9,8	15,9
Атмосферные осадки, мм	10,3	11,9	144,5	24,6	22,3	213,6
Гидротермический коэффициент	0,06	0,05	0,90	0,13	–	1,14
<b>2015</b>						
Температура воздуха, °С	14,5	20,7	19,1	16,5	11,4	16,4
Атмосферные осадки, мм	39,2	17,3	40,0	18,2	8,7	123,4
Гидротермический коэффициент	0,27	0,08	0,20	0,11	0,07	0,73
<b>Среднегодовое значение</b>						
Температура воздуха, °С	11,9	17,2	19,2	17,0	11,0	15,2
Атмосферные осадки, мм	32,0	45,0	63,0	43,0	27,0	210,0
Гидротермический коэффициент	0,20	0,26	0,32	0,25	0,24	1,27



Table 1  
**Meteorological conditions of the steppe zone of Akmola region for 2012–2015**

Indicators	Months					Growing season
	May	June	July	August	September	
<b>2012</b>						
Air temperature, °C	14.2	20.3	22.3	22.3	12.6	18.3
Atmospheric precipitation, mm	28.0	104.0	49.0	49.0	20.3	250.3
Hydrothermic factor	0.19	0.51	0.21	0.21	0.16	1.28
<b>2013</b>						
Air temperature, °C	12.2	17.1	19.2	19.2	11.3	15.8
Atmospheric precipitation, mm	45.6	41.2	314.0	145.0	25.9	114.3
Hydrothermic factor	0.37	0.24	1.63	0.75	0.22	3.21
<b>2014</b>						
Air temperature, °C	15.1	19.9	16.0	18.9	9.8	15.9
Atmospheric precipitation, mm	10.3	11.9	144.5	24.6	22.3	213.6
Hydrothermic factor	0.06	0.05	0.90	0.13	–	1.14
<b>2015</b>						
Air temperature, °C	14.5	20.7	19.1	16.5	11.4	16.4
Atmospheric precipitation, mm	39.2	17.3	40.0	18.2	8.7	123.4
Hydrothermic factor	0.27	0.08	0.20	0.11	0.07	0.73
<b>Long-term annual average factor</b>						
Air temperature, °C	11.9	17.2	19.2	17.0	11.0	15.2
Atmospheric precipitation, mm	32.0	45.0	63.0	43.0	27.0	210.0
Hydrothermic factor	0.20	0.26	0.32	0.25	0.24	1.27

2. Люцерна изменчивая: первый укос в фазе цветения на сенаж, второй укос в фазе бутонизации на витаминно-травяную муку – контроль.

3. Горец забайкальский: первый укос в фазе цветения на сенаж и силос, второй укос в фазе бутонизации на витаминно-травяную муку.

Варианты в опыте разместили методом рендомизации в трех повторностях.

Площадь опытной делянки составила 70 м<sup>2</sup> (длина – 10 м, ширина – 7 м). Ширина неучетных частей: защитной дорожки – 2,1 м, межделяночных дорожек – 0,5 м, полос между повторностями – 1 м. Общая площадь опыта составила 5620 м<sup>2</sup>. В пространстве площадь посева люцерны, горца с 2013 по 2015 гг. постепенно расширялась, так как добавлялся возрастной стеблестой первого и второго годов жизни.

#### Объекты исследования

В настоящих опытах исследовали гибрид кукурузы (*Zea mays*) Целинный 160 СВ. Оригинатором является Казахский НИИ земледелия. Гибрид рекомендован к возделыванию с 1993 г. по Акмолинской, Карагандинской, Костанайской областям.

Сорт раннеспелый: вегетационный период при созревании зерна составляет 97 суток, для силосования – 76–111 суток. Урожайность зерна получена в пределах 4,1–5,8 т/га, сухого вещества – 0,4–0,8 т/га.

Следующим объектом исследования была люцерна изменчивая (*Medicago varia* Mart), сорт Кокше. Выведен Кокчетавской областной сельскохозяйственной опытной станцией, автор – У. Х. Хасенов. Сорт рекомендован к возделыванию в Акмолинской области с 1968 г. [9, с. 26].

Сорт относится к европейской люцерне, пестро-гибридному сорто типу. Сорт среднеспелый, от весеннего отрастания до первого укоса проходит около 63 суток, от первого до второго – 53–55 суток, до хозяйственной спелости семян – 107–117 суток. Зимостойкость и засухоустойчивость высокие. Поражаемость бурой пятнистостью и ложной мучнистой росой слабая. Урожайность зеленой массы составила 9,4 т/га, выход абсолютно сухого вещества – 2,6 т/га.

Третьим объектом исследования стал горец забайкальский (*Aconogonon divaricatum* (L.) Nakai), сорт Чаглинский. Оригинатор – РГКП «Кокшетауский государственный университет имени Ш. Уалиханова» МОН РК [10, с. 102, 103]. Рекомендуются для возделывания в северных областях Казахстана в сырьевых конвейерах с 2008 г.

Сорт относится к нетрадиционному кормовому долголетнему стержнекорневому виду ботанического семейства Гречишных, является среднеспелым. Урожайность зеленой массы составила 15,8 т/га, абсолютно сухого вещества – 3,9 т/га. Растения достигли средней высоты 123,3 см. Облиственность составила 49,8 %. Зимостойкость и засухоустойчивость оценены в 5,0 балла. Растения поражались мучнистой росой на 8,1 %. Вегетационный период длится 72,5 суток.

Агроклиматические зоны возделывания вышеуказанных объектов исследования, рекомендуемых к использованию, даны в реестре селекционных достижений Республики Казахстан [9, с. 26, 102, 109].

#### Характеристика места проведения исследования

На границе Западносибирской равнины и Казахского мелкосопочника расположена умеренно-засушливая степь. Почвенный покров опытного поля – чер-

нозем обыкновенный, содержащий 3–4,5 % гумуса, 60 мг нитратного азота, 14 мг подвижного фосфора, 338 мг подвижного калия на 100 г почвы. Экологические факторы с учетом техногенной нагрузки на почву слабо повлияли на ее засоленность [11, с. 57], рН составил 7,85.

#### Метеорологические условия

В годы исследования (2012–2015) влияние агрометеорологических условий в умеренно-засушливой степи Акмолинской области было различным [12, с. 3].

В 2012 г. май (14,2 °С; 28 мм) был засушливым, что и подтверждает гидротермический коэффициент (ГТК) (0,19). В июне количество осадков как экологический фактор на 59 мм превышает среднееголетний показатель (45 мм) (таблица 1).

В июле и августе выдались засушливые условия, ГТК составил 0,21. Сентябрь стоял засушливым, наблюдались повышение температуры на 1,6 °С и уменьшение осадков на 6,7 мм. За вегетационный период ГТК (1,28) соответствовал среднееголетнему показателю (1,27).

В 2013 г. май и июнь были оптимальными по осадкам (45,6 и 41,2 мм соответственно) и температуре (12,2 и 17,1 °С соответственно). В июле был недобор осадков 31,4 мм по сравнению со среднееголетним показателем 63 мм. В августе наблюдались высокая температура воздуха 19,2 °С и максимальное количество осадков 145 мм. В сентябре условия были оптимальными: 11,3 °С и 25,9 мм. Значение ГТК (3,21) показало, что вегетационный период был избыточно увлажненным.

В 2014 г. метеорологические показатели в мае (15,1 °С; 10,3 мм) были в норме. В июне (19,9 °С; 11,9 мм) стояла засуха. В июле выпало избыточное количество осадков (144,5 мм). В августе земля прогрелась до 18,9 °С после затяжных осадков, растения набирали темп развития. Сентябрь был прохладным (9,8 °С). За вегетационный период 2014 г ГТК (1,14) был оптимальным по метеорологическим условиям.

В 2015 г. в мае (14,5 °С; 39,2 мм) были хорошие условия для роста и развития культур. В июне (20,7 °С) и июле (19,1 °С) отмечались засушливые условия. Август выдался прохладным (16,5 °С) и засушливым (18,2 мм). Сентябрь тоже был засушливым (8,7 мм). В 2015 г. вегетационный период характеризовался как умеренно засушливый, так как ГТК был равен 0,73.

*Агротехника* в опыте зональная интенсивного типа. Предшественник – чистый пар. Параметры посева: кукурузу сеяли 15–20 мая с нормой высева 35 кг/га (80 000 всхожих семян/га) и шириной междурядий 70 см на глубину 6–8 см. Люцерну – в первой декаде мая, 6,5 кг/га (3 285 713 всхожих семян/га). Горец забайкальский – во второй декаде мая, 3,3 кг/га (250 000 всхожих семян/га). Многолетние культуры высевали через 30 см на глубину соответственно 1–3 и 2–4 см. Скашивали зеленую массу на высоте 10–15 см комбайном GM CLAAS Jaguar 830 RU 600, транспортировали сырье прицепом ROLLAN. Сырье раз-

мещали в определенном временном хранилище до последующего приготовления кормов.

#### Учеты и анализы

В процессе исследования проводили основные методические учеты и анализы по рекомендациям Всероссийского научно-исследовательского института кормов (ВНИИК) им. В. Р. Вильямса [13, с. 85–110].

1. *Густота стояния* стеблей (второй год жизни), шт/м<sup>2</sup>. Данный учет проводится подсчетом количества растений в фазу отрастания стеблей на единице площади, в данном случае на площади 10 000 см<sup>2</sup>, отмеченной рамкой. Для кукурузы размеры рамки составили (72 × 140 см), для люцерны изменчивой и горца забайкальского – (167 × 60 см).

2. *Фенологические наблюдения*. Определялись сезонные морфологические изменения растений в силу их биологических особенностей. Наблюдения проводили, когда 70 % растений вступали в каждую из основных фаз вегетации. У кормовых культур отмечали даты наступления укосных фаз: у кукурузы – молочнo-восковую спелость зерна, у люцерны и горца – фазы бутонизации и цветения.

3. Для определения *высоты* стебля (см) на каждом варианте отбирали по 10 типичных растений в двух несмежных повторностях. Измеряли линейкой высоту стебля у каждого растения, предварительно удалив корневую систему. Определяли среднюю высоту стебля в укосные фазы развития культур.

4. Для определения *веса* стебля (г) на каждом варианте отбирали по 10 типичных растений в двух несмежных повторностях. Определяли вес стебля у каждого растения, предварительно удалив корневую систему. Определяли средний вес стебля в укосные фазы развития культур.

5. *Урожайность зеленой массы, т/га*. Зеленую массу скашивали сплошную с каждой опытной деланки и с двух несмежных повторностей, затем ее взвешивали и учитывали в среднем весе. Урожайность пересчитывали в т/га.

6. Экспериментальные данные обрабатывались математически по Б. А. Доспехову: дисперсионным анализом ( $HCP_{05}$ ), регрессионным анализом ( $R^2_{yx*z}$ ,  $R^2_{z*xy}$ ,  $R^2_{x*yz}$ ,  $Y = a + b_1X + b_2Z$ ); также определили стандартную ошибку средней выборки ( $M \pm SEM$ ) [14, с. 248–256; 268–290].

#### Результаты (Results)

В умеренно засушливой степи: температура воздуха и атмосферные осадки как экологические факторы благоприятно отразились на всходах и урожайности кормовых культур.

Сравнительный анализ укосного использования по схеме 1 показал, что дружные всходы и высокую укореняемость горца забайкальского [15, с. 32] получили по весеннему посеву благодаря его неприхотливости к условиям возделывания, экологической пластичности. Урожайность зеленой массы горца в первом укосе (31,35 т/га) (таблица 2) была достоверной ( $HCP_{05} = 1,60$ ) и на 20 % больше, чем во втором (20,89 т/га).

Урожайность люцерны зависит от густоты стеблестоя и мощности растений, а значит, и выживаемости растений [16, с. 46]. Урожайность первого укоса (9,68 т/га) (таблица 2) получили на 2 % меньше, чем по второму (10,25 т/га).

В схеме 1 прибавка зеленой массы у горца забайкальского составила 10,46 т/га, или 20 %, в сравнении с люцерной изменчивой как контрольным вариантом: 0,57, или 2 % (рис. 1).

Высота стебля у люцерны, также была выше в первом укосе (на 1 %): 62 см против 61 см во втором укосе (таблица 2), а линия регрессии показала видимую зависимость урожайности от данного показателя во втором укосе: соответственно 0,4 и 10 % (рис. 2, b).

У горца разница в высоте стеблестоя от первого ко второму укосу была следующей: 100 к 62 (на 46 %), а зависимость урожайности от данного показателя по линии регрессии была получена больше во втором укосе: соответственно 0,04 и 19 % (рис. 2, a). Вес стебля (г) у люцерны был больше во втором укосе в фазе цветения 54,26 к 15,97 (на 54 %), а линия регрессии показала большую зависимость урожайности от данного показателя в первом укосе: соответственно 0,8 и 0,01 % (рис. 2, b).

У горца наиболее тяжелые растения отмечены в первом укосе: 91,49 к 60,99 г, или 20 %, линия регрессии показала зависимость урожайности от данного показателя: соответственно 146 к 0,4 % (рис. 2, a).

Таблица 2  
Показатели структуры урожая кормовых культур по схеме укосного использования (1),  
в среднем за 3 года (2013–2015 гг.)

Культуры	Дата укосной спелости стеблестоя	Количество стеблей/м <sup>2</sup>	Высота одного стебля, см	Вес одного стебля, г	Урожайность зеленой массы, т/га
<b>Первый укос в фазе бутонизации</b>					
Люцерна изменчивая ( <i>Medicago varia</i> Mart)	9 июня	1347	62	15,97	9,68
Горец забайкальский ( <i>Aconogonon divaricatum</i> (L.) Nakai)	15 июня	52	100	91,49	31,35
M ± SEM HCP <sub>05</sub>	–	M ± SEM 699 ± 915,70	M ± SEM 81 ± 26,87	HCP <sub>05</sub> 5,06	HCP <sub>05</sub> 1,60
<b>Второй укос в фазе цветения</b>					
Люцерна изменчивая ( <i>Medicago varia</i> Mart)	21 июля	600	61	54,26	10,25
Горец забайкальский ( <i>Aconogonon divaricatum</i> (L.) Nakai)	3 августа	30	62	60,99	20,89
Кукуруза ( <i>Zea mays</i> ) – первый укос в фазе молочно-восковой спелости зерна	22 августа	7	181	179,43	13,80
M ± SEM HCP <sub>05</sub>	–	M ± SEM 212 ± 335,92	M ± SEM 101 ± 68,99	HCP <sub>05</sub> 5,40	HCP <sub>05</sub> 0,62

Table 2  
Indicators of the structure of the yield of forage crops according to the scheme mowing use (1),  
on average over 3 years (2013–2015)

Cultures	Date of cutting ripeness of the stem	Number of stems/m <sup>2</sup>	Height of one stem, cm	Weight of one stem, g	Yield of green mass, t/ha
<b>First cut in the budding phase</b>					
Alfalfa variable ( <i>Medicago varia</i> Mart)	June 9	1347	62	15.97	9.68
Trans-Baikal Knotweed ( <i>Aconogonon divaricatum</i> (L.) Nakai)	June 15	52	100	91.49	31.35
M ± SEM LSD <sub>05</sub>	–	M ± SEM 699 ± 915.70	M ± SEM 81 ± 26.87	LSD <sub>05</sub> 5.06	LSD <sub>05</sub> 1.60
<b>Second cut in the flowering phase</b>					
Alfalfa variable ( <i>Medicago varia</i> Mart)	July 21	600	61	54.26	10.25
Trans-Baikal Knotweed ( <i>Aconogonon divaricatum</i> (L.) Nakai)	August 3	30	62	60.99	20.89
Corn ( <i>Zea mays</i> ) – 1 <sup>st</sup> cut in the phase of milky-wax ripeness of grain	August 22	7	181	179.43	13.80
M ± SEM LSD <sub>05</sub>	–	M ± SEM 212 ± 335.92	M ± SEM 101 ± 68.99	LSD <sub>05</sub> 5.40	LSD <sub>05</sub> 0.62

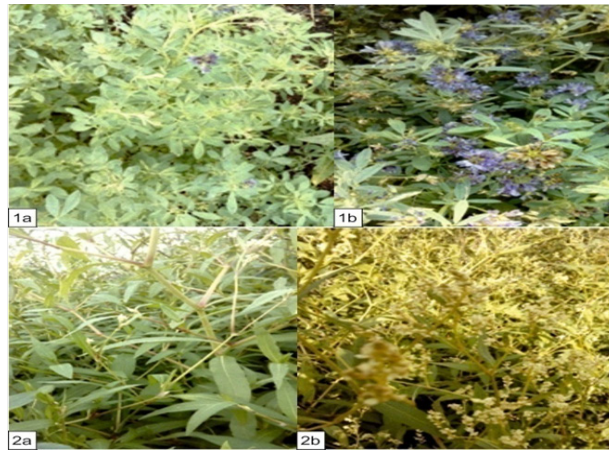


Рис. 1. Укосная спелость кормовых культур в фазах: а) бутонизации, б) цветения.  
 1 – *Medicago varia* Mart, 2 – *Aconogonon divaricatum* (L.) Nakai (Наталья Малицкая, Иван Плачинта, 2020)  
 Fig. 1. Cutting ripeness of forage crops in phases: a) budding, b) flowering.  
 1 – *Medicago varia* Mart, 2 – *Aconogonon divaricatum* (L.) Nakai (Natalya Malitskaya, Ivan Plachinta, 2020)

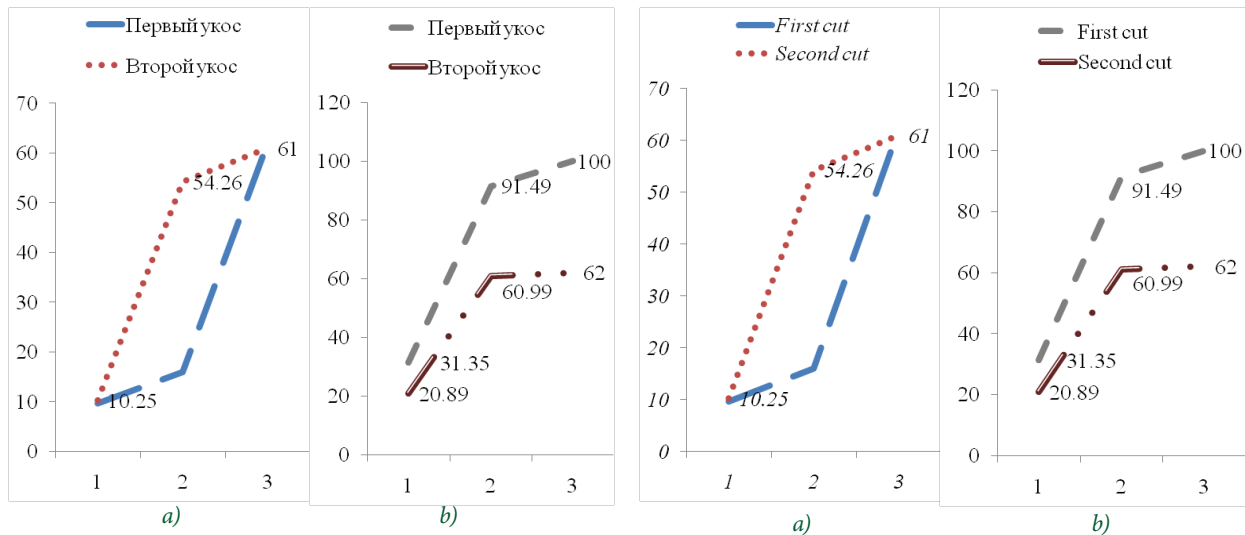


Рис. 2. Линии регрессии зависимости ( $R^2_{yx*z}$ ) урожайности  $Y$  (т/га) от элементов структуры: высоты стебля  $Z$  (см) и веса стебля  $X$  (г) у кормовых культур между первым и вторым укосами в схеме укосного использования 1: а) люцерны изменчивой, б) горца забайкальского

Fig. 2. Regression lines of the dependence ( $R^2_{yx*z}$ ) of yield  $Y$  (t/ha) on structural elements: stem height  $Z$  (cm) and stem weight  $X$  (g) for forage crops between the first and second mows in the mowing pattern 1: а) alfalfa variable, б) Trans-Baikal Knotweed

Кормовая зрелость люцерны зависит от соотношения листьев и стеблей: если оно неравномерное, то увеличивается урожайность, но снижается питательная ценность сырья [17, с. 406].

Сравнительная оценка укосного использования по схеме 2 показала, что первый укос трав был больше, чем второй. Укосы люцерны заготавливают в зависимости от внешних параметров развития [18, с. 1]. Так, у люцерны изменчивой весовое отношение в зеленой массе между первым и вторым укосами составило 12,35 к 6,77 т/га, или 30 % (таблица 3).

Первый укос в фазе цветения как относительный показатель, по данным исследователей G. Guo,

C. Shen и др. из сельскохозяйственного университета Shanxi уточняется так: скашивать зеленую массу лучше в начале цветения, исходя из пищевой ценности, характеристик ферментации и перевариваемости силоса люцерны в рубце животных [20, с. 1–2]. Выращивание экологически устойчивых растений люцерны изменчивой в смеси со злаковыми видами и использование в конвейерных условиях приводят к улучшению качества сырья и повышению его питательности для эффективного потребления сельскохозяйственными животными сухого вещества сена и сенажа [21, с. 58].

В схеме укосного использования (2) урожайность первого укоса горца также достоверно ( $HCP_{05} = 1,22$ ) превышала таковую во втором: 39,28 к 15,44 т/га, или 44 % (таблица 2) [22, с. 12].

В схеме 2 прибавка зеленой массы была получена у горца забайкальского: 23,84 т/га, или 44 %, в сравнении с люцерной изменчивой как контрольным вариантом (5,58, или 30 %) превышение составляет 14 %.

Линейный рост стебля (см) как важный фактор, влияющий на урожайность в зависимости от высоты среза зеленой массы [23, с. 1], также был выше в первом укосе: у люцерны – 73 к 41 см, или 56 %, линия регрессии была тождественной: соответственно 47 и 15 % (рис. 3, а).

У горца прослеживалась вышеуказанная тенденция: 122 к 51 см – 81 %, а линия регрессии показала большую зависимость урожайности зеленой массы от высоты стебля во втором укосе: соответственно 1 и 16 % (рис. 3, б).

Вес стебля был больше во втором укосе у люцерны в соотношении: 56,82 к 16,65 г (на 54 %), а линия регрессии показала обратную зависимость урожайности от данного показателя в первом укосе: соответственно 33 и 1 % (рис. 3, а).

У горца стебли в первом укосе (102,14 г) были мощнее, чем во втором (54,10 г), на 30 %,  $HCP_{05}$  составила соответственно 6,23 и 2,42 г, линия регрессии была в соотношении 26 и 2 % (рис. 3, б).

Таблица 3  
Показатели структуры урожая кормовых культур по схеме укосного использования (2), в среднем за 3 года (2013–2015 гг.)

Культуры	Дата укосной спелости стеблестоя	Количество стеблей на 1 м <sup>2</sup>	Высота одного стебля, см	Вес одного стебля, г	Урожайность зеленой массы, т/га
<b>Первый укос в фазе цветения</b>					
Люцерна изменчивая ( <i>Medicago varia</i> Mart)	18 июня	1347	73	16,65	12,35
Горец забайкальский ( <i>Aconogonon divaricatum</i> (L.) Nakai)	1 июля	52	122	102,14	39,28
Кукуруза ( <i>Zea mays</i> ) – укос в фазе молочно-восковой спелости зерна	22 августа	7	181	179,43	13,80
$M \pm SEM$ $HCP_{05}$	–	$M \pm SEM$ 468 ± 760,99	$M \pm SEM$ 125 ± 54,07	$HCP_{05}$ 6,23	$HCP_{05}$ 1,22
<b>Второй укос в фазе бутонизации</b>					
Люцерна изменчивая ( <i>Medicago varia</i> Mart)	18 июля	600	41	56,82	6,77
Горец забайкальский ( <i>Aconogonon divaricatum</i> (L.) Nakai)	12 июля	30	51	54,10	15,44
$M \pm SEM$ $HCP_{05}$	–	$M \pm SEM$ 315 ± 403,05	$M \pm SEM$ 46 ± 7,07	$HCP_{05}$ 2,42	$HCP_{05}$ 0,73

Table 3  
Indicators of the structure of the yield of forage crops according to the scheme mowing use (2), on average over 3 years (2013–2015)

Cultures	Date of cutting ripeness of the stem	Number of stems/m <sup>2</sup>	Height of one stem, cm	Weight of one stem, g	Yield of green mass, t/ha
<b>First cut in the flowering phase</b>					
Alfalfa variable ( <i>Medicago varia</i> Mart)	June 18	1347	73	16.65	12.35
Trans-Baikal Knotweed ( <i>Aconogonon divaricatum</i> (L.) Nakai)	July 1	52	122	102.14	39.28
Corn ( <i>Zea mays</i> ) – cut in the phase of milky-wax ripeness of grain	August 22	7	181	179.43	13.80
$M \pm SEM$ $LSD_{05}$	–	$M \pm SEM$ 468 ± 760.99	$M \pm SEM$ 125 ± 54.07	$LSD_{05}$ 6.23	$LSD_{05}$ 1.22
<b>The second cut in the budding phase</b>					
Alfalfa variable ( <i>Medicago varia</i> Mart)	July 18	600	41	56.82	6.77
Trans-Baikal Knotweed ( <i>Aconogonon divaricatum</i> (L.) Nakai)	July 12	30	51	54.10	15.44
$M \pm SEM$ $LSD_{05}$	–	$M \pm SEM$ 315 ± 403.05	$M \pm SEM$ 46 ± 7.07	$LSD_{05}$ 2.42	$LSD_{05}$ 0.73

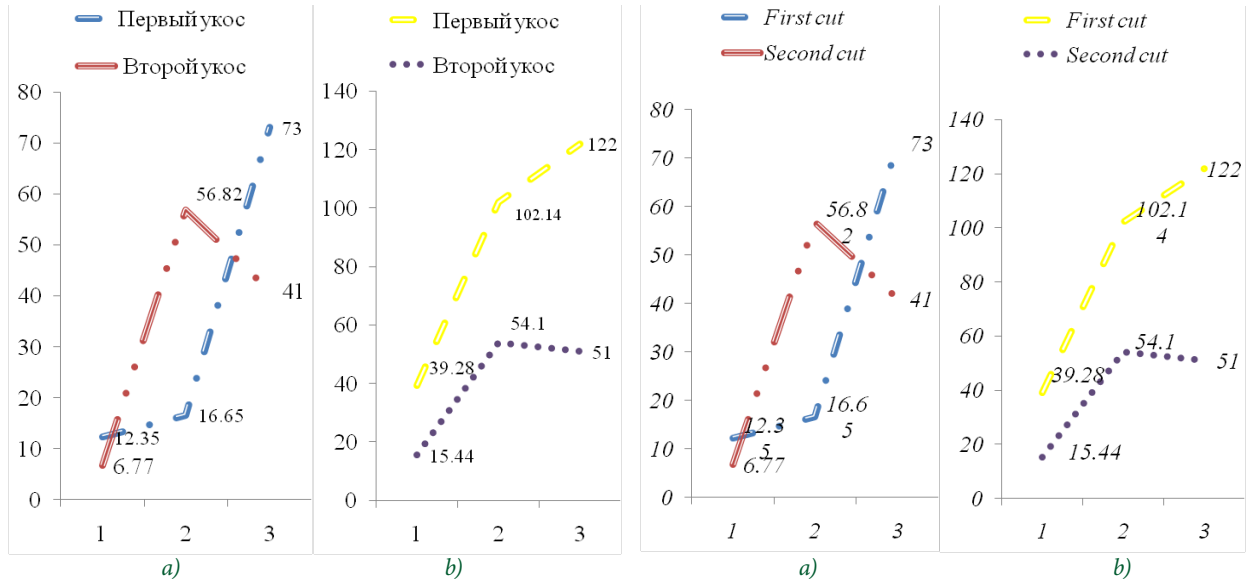


Рис. 3. Линии регрессии зависимости ( $R^2yx^*z$ ) урожайности  $Y$  (т/га) от элементов структуры: высоты стебля  $Z$  (см) и веса стебля  $X$  (г) у кормовых культур между первым и вторым укосами в схеме укосного использования 2:  
 а) люцерны изменчивой, б) горца забайкальского

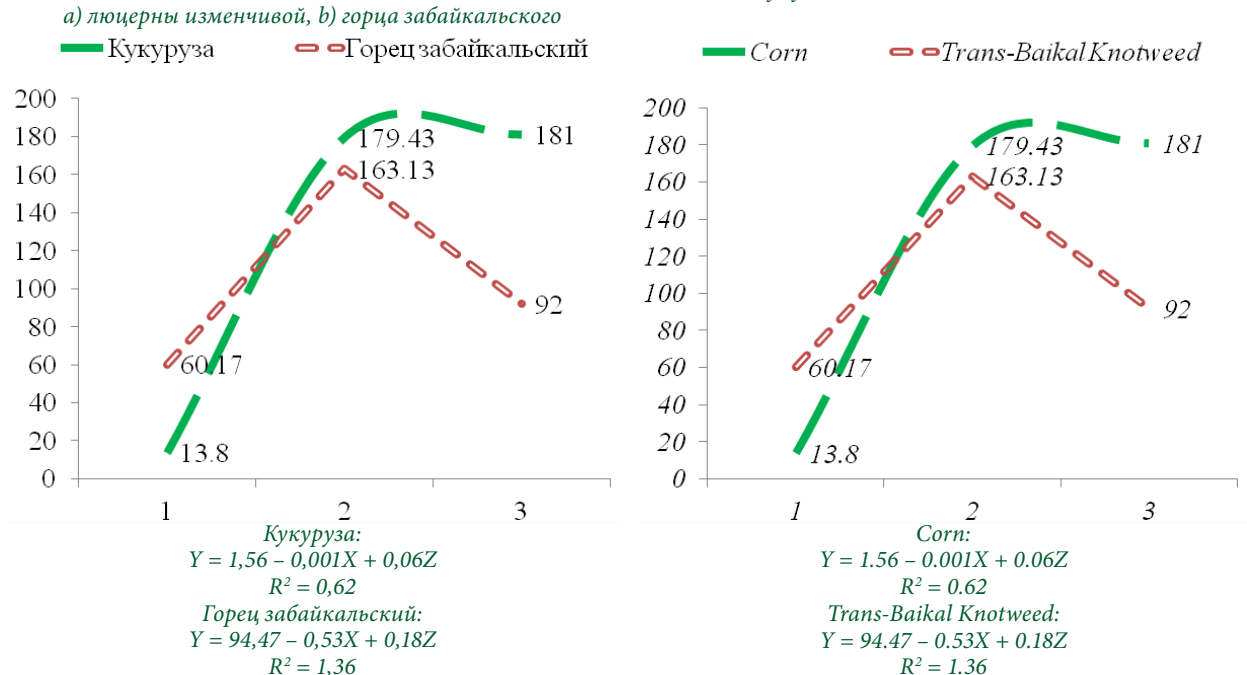


Рис. 4. Линии регрессии зависимости ( $R^2yx^*z$ ) урожайности  $Y$  (т/га) от элементов структуры: высоты стебля  $Z$  (см) и веса стебля  $X$  (г) у кормовых культур:  
 а) кукурузы (укос в фазе молочно-восковой спелости зерна),  
 б) горца забайкальского (в сумме за 2 укоса в фазе цветения)

Сравнительная урожайность горца с кукурузой. Горец за 2 укоса в фазе цветения превзошел кукурузу в соотношении: 60,17 к 13,80 т/га, разница составила 62 % (таблицы 2 и 3).

Кукуруза обеспечивает устойчивое производство кормов по годам. Производство силоса с высоким содержанием обменной энергии в силосных конвейерах зависит от возделывания различных по скороспелости

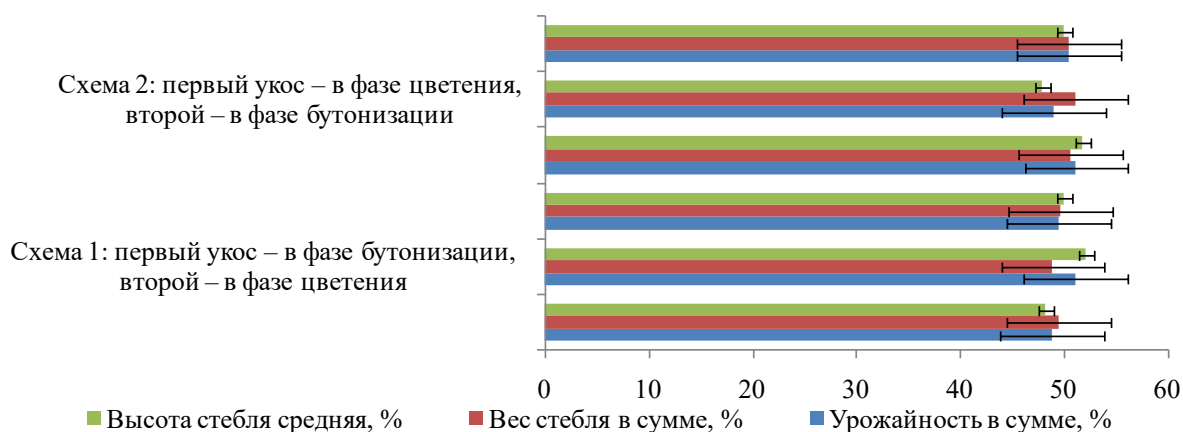


Рис. 5. Суммарное использование кормовых культур в схемах 1 и 2, в среднем за 3 года (2013–2015 гг.)

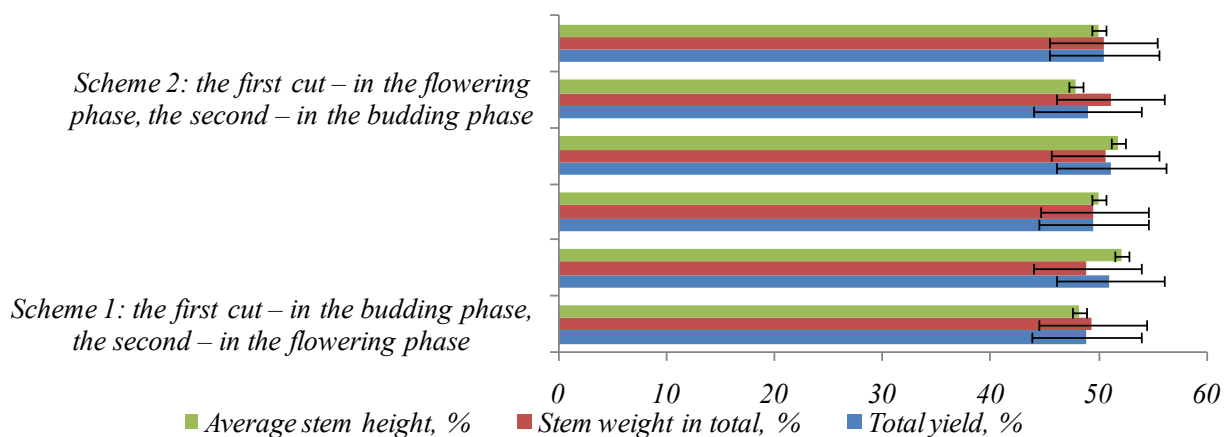


Fig. 5. Total use of forage crops in schemes 1 and 2, on average over 3 years (2013–2015)

сти гибридов [24, с. 16]. Соответственно, вес одного стебля у кукурузы (179,43 г) превзошел вес стебля горца (163,13 г) на 5 % (рис. 4, а), а линия регрессии показала большую зависимость урожайности от данного показателя в пользу горца забайкальского: соответственно 70 и 0,01 % (рис. 4, б).

Средняя высота стебля у кукурузы составила 181 см, преимущество в 32 % отметили перед горцем (92 см), по линии регрессии культуры показали одинаковое влияние высоты стебля на урожайность на уровне 64 % (рис. 4).

Урожайность зеленой массы в сумме за 2 укоса у люцерны и горца забайкальского отличалась между схемами. Так, у горца урожайность была больше в схеме 2 (54,72 т/га, или 51,15 %), в то время как в схеме 1 она составила 52,24 т/га, или 48,84 %, разница – 2,31 %.

У люцерны, наоборот, в схеме 1 урожайность в сумме составила 19,93 т/га, или 51,03 %, что больше, чем в схеме 2: 19,12 т/га, или 48,96 %, разница – 2,07 % (рис. 5). Разница между горцем забайкальским и люцерной изменчивой по урожайности была в пользу первой культуры на 0,12 %.

Вес стебля у горца увеличивается пропорционально урожайности. В схеме 2 он составил 156,24 г, или 50,6 % (от суммарного веса стебля из двух схем укосного использования), в схеме 1 – 152,48 г, или

49,39 %, разница в весе в пользу схемы 2 составила 1,21 %. Высота стебля у горца изменяется соответственно его весу, наибольшей она оказалась в схеме 2: 87 см, или 51,78 % (от средней высоты стебля из двух схем укосного использования), в то время как в схеме 1 составила 81 см, или 48,21 %, растения были выше на 3,57 % в схеме 2.

Показатель структуры урожая: вес стебля у люцерны показал обратную пропорциональную зависимость от урожайности. В схеме 1 вес стебля (70,23 г, или 48,87 %), был меньше на 2,25 %, чем в схеме 2 (73,47 г, или 51,12 %). Между высотой стебля у люцерны и урожайностью наблюдается прямая зависимость. В схеме 1 она составила 62 см, или 52,1 %, в схеме 2 была меньше: 57 см, или 47,89 %, разница по высоте стебля составила 4,21 % в пользу схемы 1.

По общему выходу урожая культур из схемы укосного использования наиболее продуктивной оказалась схема 2: 87,64, или 50,48 %, в то время как в схеме 1 – 85,97, или 49,51 %, разница составила 0,97 %.

Элемент структуры урожая: вес стебля (в сумме у культур из схемы) в схеме 2: 409,14 г, или 50,43 % (от общего веса из двух схем укосного использования), был больше на 0,87 %, чем в схеме (402,14 г, или 49,56 %). Среднюю высоту стебля между укосными фазами развития культур получили одинаковой в обеих схемах: 108 см, или 50 % (от средней высоты стебля из двух схем).

По данным регрессионного анализа учитывали связь между урожайностью зеленой массы и элементами структуры урожая. Так, у горца забайкальского она составила в схеме 1 укосного использования 18 %, в схеме 2 – 33 %. Взаимосвязь урожайности горца с высотой стебля  $R^2z*xу$  между схемами 1 и 2 составила 19 к 17 %, с его весом  $R^2x*уz$  – 146 к 28 %.

У люцерны взаимосвязь составляет 11,09 к 50 %; 10,4 к 62 %; 0,81 к 34 % соответственно. У кукурузы влияние элементов структуры на урожайность составило 62 %, высоты стебля – 64 %, веса – 0,01 %.

Также имеется взаимосвязь между общим выходом разноцелевого урожая кормовых культур и экологическими факторами. Влияние температуры воздуха  $R^2x*уz$  составило 16 к 80 %, осадков (дождя)  $R^2z*xу$  – 22 к 73 %.

Зависимость урожайности от атмосферных осадков у горца забайкальского больше в схеме 2 (рис. 6, а), чем в схеме 1 (рис. 6, б): 23 к 13 %. У люцерны вышеуказанная зависимость соответствовала горцу: 0,09 к 0,01 %. Кукуруза использует осадки в обеих схемах одинаково и меньше, чем у горца забайкальского: 1 к 1 % (рис. 6). Влияние температуры воздуха у горца было сильнее в схеме 2 (рис. 6, а: 32 к 16 %), чем у люцерны в схеме 1 (рис. 6, б: 21 к 3 %), и больше, чем у кукурузы: 0,2 к 0,2 %.

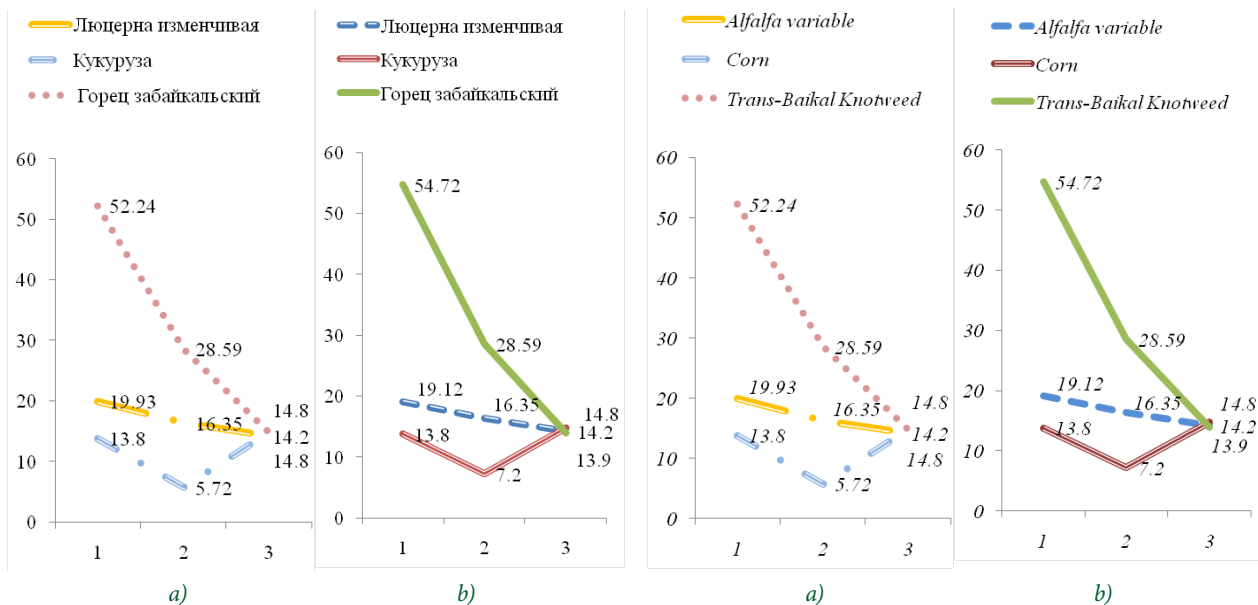
Следовательно, совместное влияние экологических факторов на общий выход разноцелевого урожая для кормовых культур в схеме 2 был больше у люцерны (23 %), затем у горца (13 %), чем в схеме 1, соответственно на 2 и 1 %, у кукурузы – на 3 %.

Общее влияние и укосного использования и экологических факторов на выход урожая у люцерны в схеме 1 составило 69,81 %, у горца в схеме 2 – 231 %, у кукурузы – 130 %.

Следовательно, сочетание культур в схеме укосного использования дает возможность увеличить разноцелевой выход урожая и, соответственно, кормов – сочных и витаминизированных.

В экологических условиях Северного Казахстана производят качественное сырье, скашивая в рекомендованную укосную схему. Последнее зависит от наличия влаги в назначенном сырье для приготовления кормов. Так, сырье для витаминно-травяной муки косят в фазу бутонизации, когда влажность сырья в среднем по двум схемам укосного использования составляет 86 %, сенаж и силос – в фазе цветения, здесь влажность сырья составляет 81 % (таблицы 4 и 5).

В процессе приготовления кормов из вышепредставленного качества сырья происходит его убыль, в итоге снижается их вес. Чистый выход корма в зависимости от назначения составляет от 8 до 85 %. Су-



**Люцерна изменчивая:**  
 $Y = 17,11 + 0,009X + 0,18Z$   
 $R^2 = 0,23$   
**Кукуруза:**  
 $Y = 14,40 - 0,05X + 0,01Z$   
 $R^2 = 0,03$   
**Горец забайкальский:**  
 $Y = 40,64 + 0,18X + 0,63Z$   
 $R^2 = 0,13$

**Люцерна изменчивая:**  
 $Y = 14,73 + 0,02X + 0,27Z$   
 $R^2 = 0,02$   
**Кукуруза:**  
 $Y = 14,40 - 0,05X + 0,01Z$   
 $R^2 = 0,03$   
**Горец забайкальский:**  
 $Y = 40,16 + 0,07X + 0,93Z$   
 $R^2 = 0,01$

**Alfalfa variable:**  
 $Y = 17,11 + 0,009X + 0,18Z$   
 $R^2 = 0,23$   
**Corn:**  
 $Y = 14,40 - 0,05X + 0,01Z$   
 $R^2 = 0,03$   
**Trans-Baikal Knotweed:**  
 $Y = 40,64 + 0,18X + 0,63Z$   
 $R^2 = 0,13$

**Alfalfa variable:**  
 $Y = 14,73 + 0,02X + 0,27Z$   
 $R^2 = 0,02$   
**Corn:**  
 $Y = 14,40 - 0,05X + 0,01Z$   
 $R^2 = 0,03$   
**Trans-Baikal Knotweed:**  
 $Y = 40,16 + 0,07X + 0,93Z$   
 $R^2 = 0,01$

Рис. 6. Линии регрессии зависимости ( $R^2yx*z$ ) урожайности  $Y$  (т/га) у кормовых культур (люцерны изменчивой, кукурузы, горца забайкальского) от осадков дождя  $Z$  (мм) и температуры воздуха  $X$  (°C):  
 а) по схеме 1: бутонизация – цветение,  
 б) по схеме 2: цветение – бутонизация

Fig. 6. Regression lines of the dependence ( $R^2yx*z$ ) yield  $Y$  (t/ha) for forage crops (alfalfa variable, corn, Trans-Baikal Knotweed) from rainfall  $Z$  (mm) and air temperature  $X$  (°C):  
 а) according to scheme 1: budding – flowering,  
 б) according to scheme 2: flowering – budding



хое вещество подтверждает его химический состав по сбалансированности. В витаминно-травяной муке среднее содержание сухого вещества 90 % соответствует I классу, так как по ГОСТ 18691-88 [25, с. 2] оно составляет 88–91 %. В сенаже сухого вещества содержится в среднем 50 %, что соответствует I классу, по ГОСТ 23637-90 [26, с. 3] оно составляет 40–55 %. В силосе количество сухого вещества составляет 16 % для горца забайкальского (данное качество силоса относится к III классу) и 20 % для кукурузы – II класс в соответствии с ГОСТ 23638-90 [27, с. 2].

Следовательно, оптимальная норма выхода кормов, кроме качества сырья, в соответствии с выше-названными ГОСТами, зависит и от первоначальной массы урожая.

Лучший общий выход разноцелевых кормов получили в схеме 2: 8,90 т/га, или 58 % (от выхода кормов в сумме из двух схем укосного использования), разница со схемой 1 (6,37, или 42 %) составила 2,53 т/га, или 16 %.

В схеме 2 больше получили сочных кормов, в первую очередь силоса (5,53 т/га, или 58 %) (от суммар-

ного выхода данного корма из двух схем укосного использования), затем сенажа (3,12 т/га, или 63 %), чем в схеме 1: соответственно 3,93, или 42 %, и 1,82, или 37 %. В схеме 1 больше получили витаминно-травяной муки 0,62 т/га, или 71 % (от выхода корма в сумме из схем: 1 и 2), а в схеме 2 – 0,25 т/га, или 29 %.

Наибольший общий выход разноцелевых кормов отмечен у горца забайкальского в схеме 2: 4,88 т/га, или 65 % (от использования из двух укосных схем), а в схеме 1 он составил 2,63, или 35 %; у люцерны изменчивой – соответственно 1,49, или 55 %, и 1,21, или 45 %; у кукурузы – в обеих схемах 2,53, или 50 %.

Нормы данных кормов, предназначенных для скормливания сельскохозяйственным животным, в рационе кормления зависят от коэффициентов переваримости химических компонентов, входящих в их состав. Кроме этого, рацион кормления также зависит от живого веса сельскохозяйственных животных, их продуктивности или функционального назначения.

Разноцелевой выход кормов в Акмолинской области позволяет обеспечить рацион кормления сельскохозяйственных животных на 42 %.

Таблица 4  
Выход разноцелевых кормов из схемы укосного использования (1), в среднем за 3 года (2013–2015 гг.)

Культуры	Урожайность зеленой массы, т/га	Урожайность абсолютно сухой массы, т/га	Влажность массы, %	Содержание сухого вещества в корме, %	Выход корма	
					т/га	%
<b>Первый укос в фазе бутонизации на витаминно-травяную муку</b>						
Люцерна изменчивая ( <i>Medicago varia</i> Mart)	9,68	1,64	83	88	0,19	12
Горец забайкальский ( <i>Aconogonon divaricatum</i> (L.) Nakai)	31,35	4,37	86	90	0,43	10
M ± SEM HCP <sub>05</sub>	HCP <sub>05</sub> 1,60	HCP <sub>05</sub> 0,21	M ± SEM 85 ± 2,12	M ± SEM 89 ± 1,41	HCP <sub>05</sub> 0,02	M ± SEM 11 ± 1,41
Итого сырья на витаминно-травяную муку	41,03	6,01	85	89	0,62	11
<b>Второй укос в фазе цветения на сенаж</b>						
Люцерна изменчивая ( <i>Medicago varia</i> Mart)	10,25	2,05	80	50	1,02	50
Горец забайкальский ( <i>Aconogonon divaricatum</i> (L.) Nakai)	10,44	1,67	84	52	0,80	48
M ± SEM HCP <sub>05</sub>	HCP <sub>05</sub> 0,45	HCP <sub>05</sub> 0,08	M ± SEM 82 ± 2,82	M ± SEM 51 ± 1,41	HCP <sub>05</sub> 0,03	M ± SEM 49 ± 1,41
Итого сырья на сенаж	20,69	3,72	82	51	1,82	49
<b>Второй укос в фазе цветения на силос</b>						
Горец забайкальский ( <i>Aconogonon divaricatum</i> (L.) Nakai)	10,44	1,67	84	16	1,40	84
Кукуруза ( <i>Zea mays</i> ) – укос в фазе молочно-восковой спелости зерна	13,80	3,17	77	20	2,53	80
M ± SEM HCP <sub>05</sub>	HCP <sub>05</sub> 0,59	HCP <sub>05</sub> 0,14	M ± SEM 81 ± 4,94	M ± SEM 18 ± 2,82	HCP <sub>05</sub> 0,11	M ± SEM 82 ± 2,82
Итого сырья на силос	24,24	4,84	81	18	3,93	82
Итого сырья из люцерны	19,93	3,69	–	–	1,21	–
Итого сырья из горца	52,23	7,71	–	–	2,63	–
Итого сырья из кукурузы	13,80	3,17	77	20	2,53	80
M ± SEM HCP <sub>05</sub>	HCP <sub>05</sub> 1,62	HCP <sub>05</sub> 0,22	M ± SEM 79 ± 2,82	M ± SEM 19 ± 1,41	HCP <sub>05</sub> 0,08	M ± SEM 81 ± 1,41

Table 4  
Output of multipurpose feeds from the scheme mowing use (1), on average over 3 years (2013–2015)

Cultures	Yield of green mass, t/ha	Yield of absolutely dry mass, t/ha	Humidity of mass, %	Dry matter content in forage, %	Forage yield	
					t/ha	%
<b>First cutting in phase of budding for vitamin-grass meal</b>						
<i>Alfalfa variable (Medicago varia Mart)</i>	9.68	1.64	83	88	0.19	12
<i>Trans-Baikal Knotweed (Aconogonon divaricatum (L.) Nakai)</i>	31.35	4.37	86	90	0.43	10
<i>M ± SEM</i>	<i>LSD</i> <sub>05</sub>	<i>LSD</i> <sub>05</sub>	<i>M ± SEM</i>	<i>M ± SEM</i>	<i>LSD</i> <sub>05</sub>	<i>M ± SEM</i>
<i>LSD</i> <sub>05</sub>	1.60	0.21	85 ± 2.12	89 ± 1.41	0.02	11 ± 1.41
<i>Raw materials in total for vitamin-grass meal</i>	41.03	6.01	85	89	0.62	11
<b>Second cutting in phase of flowering for haylage</b>						
<i>Alfalfa variable (Medicago varia Mart)</i>	10.25	2.05	80	50	1.02	50
<i>Trans-Baikal Knotweed (Aconogonon divaricatum (L.) Nakai)</i>	10.44	1.67	84	52	0.80	48
<i>M ± SEM</i>	<i>LSD</i> <sub>05</sub>	<i>LSD</i> <sub>05</sub>	<i>M ± SEM</i>	<i>M ± SEM</i>	<i>LSD</i> <sub>05</sub>	<i>M ± SEM</i>
<i>LSD</i> <sub>05</sub>	0.45	0.08	82 ± 2.82	51 ± 1.41	0.03	49 ± 1.41
<i>Raw materials in total for haylage</i>	20.69	3.72	82	51	1.82	49
<b>Second cutting in phase of flowering for silage</b>						
<i>Trans-Baikal Knotweed (Aconogonon divaricatum (L.) Nakai)</i>	10.44	1.67	84	16	1.40	84
<i>Corn (Zea mays) – cut in the phase of milky-wax ripeness of grain</i>	13.80	3.17	77	20	2.53	80
<i>M ± SEM</i>	<i>LSD</i> <sub>05</sub>	<i>LSD</i> <sub>05</sub>	<i>M ± SEM</i>	<i>M ± SEM</i>	<i>LSD</i> <sub>05</sub>	<i>M ± SEM</i>
<i>LSD</i> <sub>05</sub>	0.59	0.14	81 ± 4.94	18 ± 2.82	0.11	82 ± 2.82
<i>Raw materials in total for silage</i>	24.24	4.84	81	18	3.93	82
<i>Raw materials in total from alfalfa</i>	19.93	3.69	–	–	1.21	–
<i>Raw materials in total from knotweed</i>	52.23	7.71	–	–	2.63	–
<i>Raw materials in total from corn</i>	13.80	3.17	77	20	2.53	80
<i>M ± SEM</i>	<i>LSD</i> <sub>05</sub>	<i>LSD</i> <sub>05</sub>	<i>M ± SEM</i>	<i>M ± SEM</i>	<i>LSD</i> <sub>05</sub>	<i>M ± SEM</i>
<i>LSD</i> <sub>05</sub>	1.62	0.22	79 ± 2.82	19 ± 1.41	0.08	81 ± 1.41

Исходя из посевной площади в 180,0 тыс. га, отведенной под посев кормовых культур, мы можем вырастить на ней кукурузу, люцерну изменчивую и горец забайкальский. Видовое соотношение кормов будет зависеть от поголовья в 500 тыс. голов и рациона кормления. Полученные данные в соответствии с посевными площадями выглядят так: 40 % и силоса, и сенажа производят в обоих случаях на 72 тыс. га, 20 % витаминно-травяной муки – на 36 тыс. га.

Расход кормов составит в зависимости от зоотехнической нормы кормления 2 100,0 тыс. т силоса и сенажа, 182,5 тыс. т витаминно-травяной муки. Зная выход кормов с единицы площади (по сенажу – 3,12 т/га, по силосу – 5,53 т/га, по витаминно-травяной муке – 0,62 т/га), можно вычислить валовый выход: 224,6 тыс. т, или 11 %, 98,1 тыс. т, или 19 %, 22,3 тыс. т, или 12 %, соответственно. Обеспеченность сочными и витаминизированными кормами в Акмолинской области составит 42 %, в 58 % войдут грубые корма и зерноотходы.

#### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Следствие влияния экологических факторов и элементов структуры на урожайность выражаем в сумме. Проверяем, возможно ли дополнительное влияние. На урожайность горца забайкальского выщеперечисленное воздействие оказало влияние на уровне

укосного использования от схемы 1 (221 %) к схеме 2 (231 %). Здесь нет дополнительного влияния.

Продуктивность растений люцерны зависит от определенного влияния экологических факторов в период ее вегетации. Способствуют увеличению урожайности мощная, глубокая корневая система, меньшая испаряемость влаги через некрупные опушенные листья [28, с. 48]. На урожайность зеленой массы люцерны повлияли в среднем за 3 года (2013–2015 гг.) элементы структуры урожая и экологические факторы от схемы 1 к схеме 2 следующим образом: общее влияние элементов структуры урожая – 11 к 50 %; влияние высоты стебля – 10 к 62 %; влияние веса стебля – 0,81 к 34 %; влияние осадков (дождя) – 24 к 14 %; влияние температуры воздуха – 24 к 25 %.

На выход разноцелевого урожая люцерны изучаемыми показателями (элементами структуры и экологическими факторами) оказано влияние на уровне укосного использования от схемы 1 (69,81 %) к схеме 2 (185 %).

В схеме 1 имеется влияние других неизученных факторов: увеличение листовой поверхности как показателя фотосинтетической деятельности посевов [29, с. 24]; уточнение периода скашивания, т. к. поздние сроки влияют на снижение концентрации сырого белка в люцерне [30, с. 123].

Умеренное выпадение летних осадков, особенно в критические периоды развития растений (март – апрель и июль – август) [31, с. 2], и установление температурного режима выше среднего способствуют заготовке сырья кукурузы в оптимальный период (третья декада августа – первая декада сентября) [32, с. 41]. По урожайности кукурузы получены идентичные разовые данные: 65; 64; 0,01; 1; 0,2 %. На урожайность кукурузы изучаемыми показателями оказано влияние на уровне 130,21 %. Здесь нет дополнительного влияния.

Параметры элементов структуры урожая кукурузы можно поднять на 18–24 %, применяя при сильной засоренности, по данным В. Н. Павленко и др., безотвальную вспашку и объемное рыхление на глубину 0,45–0,50 м, которые улучшают структуру и водно-воздушный режим почвы [33, с. 47]. Данные методы обеспечивают оптимальное плодородие почвы, приводят к более высоким и стабильным урожаям, которые меньше подвержены влиянию экстремальных погодных условий.

Исследование влияния схем укосного использования и экологических факторов на увеличение выхода разноцелевого урожая и, соответственно, сочных и витаминизированных кормов в условиях Акмолинской области Казахстана привело к следующим результатам:

1. Суммарное укосное использование зеленой массы в схеме 2 в сравнении со схемой 1 способствовало увеличению урожайности у горца забайкальского на 2,48 т/га, или 2 %, веса стебля – на 3,76 г, или 1 %, и высоту – на 6 см, или 7 %.

2. У люцерны изменчивой зафиксировано небольшое изменение в урожайности на 0,81 т/га, или на 2 %, в схеме 1. По весу стебля увеличение в данной схеме было отмечено на 3,24 г, или 2 %, по высоте стебля – на 9 см, или 13 %. Прибавка зеленой массы между многолетними культурами в наиболее продуктивной схеме укосного использования 2 для горца составила 1,67 т/га, или 50 %.

3. По урожайности зеленой массы горец за 2 укоса в фазе цветения превзошел кукурузу: 60,17 и 13,80 т/га соответственно, разница составила 62 %.

Таблица 5

Выход разноцелевых кормов из схемы укосного использования (2), в среднем за 3 года (2013–2015 гг.)

Культуры	Урожайность зеленой массы, т/га	Урожайность абсолютно сухой массы, т/га	Влажность массы, %	Содержание сухого вещества в корме, %	Выход корма	
					т/га	%
<b>Первый укос в фазе цветения на сенаж</b>						
Люцерна изменчивая ( <i>Medicago varia</i> Mart)	12,35	2,71	78	48	1,40	52
Горец забайкальский ( <i>Aconogonon divaricatum</i> (L.) Nakai)	19,64	3,53	82	51	1,72	49
M ± SEM HCP <sub>05</sub>	HCP <sub>05</sub> 0,87 <sup>05</sup>	HCP <sub>05</sub> 0,15 <sup>05</sup>	M ± SEM 80 ± 2,82	M ± SEM 50 ± 2,12	HCP <sub>05</sub> 0,07 <sup>05</sup>	M ± SEM 50 ± 2,12
Итого сырья на сенаж	31,99	6,24	80	50	3,12	50
<b>Первый укос в фазе цветения на силос</b>						
Горец забайкальский ( <i>Aconogonon divaricatum</i> (L.) Nakai)	19,64	3,53	82	15	3,0	85
Кукуруза ( <i>Zea mays</i> ) – укос в фазе молочно-восковой спелости зерна	13,80	3,17	77	20	2,53	80
M ± SEM HCP <sub>05</sub>	HCP <sub>05</sub> 0,74 <sup>05</sup>	HCP <sub>05</sub> 0,14 <sup>05</sup>	M ± SEM 80 ± 3,53	M ± SEM 18 ± 3,53	HCP <sub>05</sub> 0,11 <sup>05</sup>	M ± SEM 82 ± 3,53
Итого сырья на силос	33,44	6,7	80	18	5,53	82
<b>Второй укос в фазе бутонизации на витаминно-травяную муку</b>						
Люцерна изменчивая ( <i>Medicago varia</i> Mart)	6,77	0,88	85	89	0,09	11
Горец забайкальский ( <i>Aconogonon divaricatum</i> (L.) Nakai)	15,44	2,0	87	92	0,16	8
M ± SEM HCP <sub>05</sub>	HCP <sub>05</sub> 0,73 <sup>05</sup>	HCP <sub>05</sub> 0,09 <sup>05</sup>	M ± SEM 86 ± 1,41	M ± SEM 90 ± 2,12	HCP <sub>05</sub> 0,007 <sup>05</sup>	M ± SEM 10 ± 2,12
Итого сырья на витаминно – травяную муку	22,21	2,88	86	90	0,25	10
Итого сырья из люцерны	19,12	3,59	–	–	1,49	–
Итого сырья из горца	54,72	9,06	–	–	4,88	–
Итого сырья из кукурузы	13,80	3,17	77	20	2,53	80
M ± SEM HCP <sub>05</sub>	HCP <sub>05</sub> 1,72 <sup>05</sup>	HCP <sub>05</sub> 0,27 <sup>05</sup>	M ± SEM 82 ± 6,36	M ± SEM 55 ± 49,49	HCP <sub>05</sub> 0,15 <sup>05</sup>	M ± SEM 45 ± 49,49

Table 5  
Output of multipurpose feeds from the scheme mowing use (2), on average over 3 years (2013–2015)

Cultures	Yield of green mass, t/ha	Yield of absolutely dry mass, t/ha	Humidity of mass, %	Dry matter content in forage, %	Forage yield	
					t/ha	%
<b>First cutting in flowering phase for haylage</b>						
<i>Alfalfa variable (Medicago varia Mart)</i>	12.35	2.71	78	48	1.40	52
<i>Trans-Baikal Knotweed (Aconogonon divaricatum (L.) Nakai)</i>	19.64	3.53	82	51	1.72	49
<i>M ± SEM</i> <i>LSD<sub>05</sub></i>	<i>LSD<sub>05</sub></i> 0.87	<i>LSD<sub>05</sub></i> 0.15	<i>M ± SEM</i> 80 ± 2.82	<i>M ± SEM</i> 50 ± 2.12	<i>LSD<sub>05</sub></i> 0.07	<i>M ± SEM</i> 50 ± 2.12
Raw materials in total for haylage	31.99	6.24	80	50	3.12	50
<b>First cutting in flowering phase for silage</b>						
<i>Trans-Baikal Knotweed (Aconogonon divaricatum (L.) Nakai)</i>	19.64	3.53	82	15	3.0	85
<i>Corn (Zea mays) – cut in the phase of milky-wax ripeness of grain</i>	13.80	3.17	77	20	2.53	80
<i>M ± SEM</i> <i>LSD<sub>05</sub></i>	<i>LSD<sub>05</sub></i> 0.74	<i>LSD<sub>05</sub></i> 0.14	<i>M ± SEM</i> 80 ± 3.53	<i>M ± SEM</i> 18 ± 3.53	<i>LSD<sub>05</sub></i> 0.11	<i>M ± SEM</i> 82 ± 3.53
Raw materials in total for silage	33,44	6,7	80	18	5,53	82
<b>Second cutting in phase of budding for vitamin-grass meal</b>						
<i>Alfalfa variable (Medicago varia Mart) 15 %</i>	6.77	0.88	85	89	0.09	11
<i>Trans-Baikal Knotweed (Aconogonon divaricatum (L.) Nakai)</i>	15.44	2.0	87	92	0.16	8
<i>M ± SEM</i> <i>LSD<sub>05</sub></i>	<i>LSD<sub>05</sub></i> 0.73	<i>LSD<sub>05</sub></i> 0.09	<i>M ± SEM</i> 86 ± 1.41	<i>M ± SEM</i> 90 ± 2.12	<i>LSD<sub>05</sub></i> 0.007	<i>M ± SEM</i> 10 ± 2.12
Raw materials in total for vitamin-grass meal	22,21	2,88	86	90	0,25	10
Raw materials in total from alfalfa	19.12	3.59	–	–	1.49	–
Raw materials in total from knotweed	54.72	9.06	–	–	4.88	–
Raw materials in total from corn	13.80	3.17	77	20	2.53	80
<i>M ± SEM</i> <i>LSD<sub>05</sub></i>	<i>LSD<sub>05</sub></i> 1.72	<i>LSD<sub>05</sub></i> 0.27	<i>M ± SEM</i> 82 ± 6.36	<i>M ± SEM</i> 55 ± 9.49	<i>LSD<sub>05</sub></i> 0.15	<i>M ± SEM</i> 45 ± 9.49

4. Влияние на общий выход урожая кормовых культур из схемы 2 (87,64 т/га) оказали элементы структуры урожая в соответствии с линиями регрессий. Суммарный вес одного стебля  $X = 409,09$  г повлиял на уровне 62 %, средняя высота стебля  $Z = 108,33$  см – на уровне 143 %.

5. Эффективность экологических факторов была следующей для урожайности кормовых культур: на уровне осадков (дождя) (мм) – 51 %, температуры воздуха (°C) – 64 %.

6. По общему выходу урожая (т/га) из схемы укосного использования наиболее продуктивной оказалась схема 2: 87,64, или 50,48 %, в сравнении со схемой 1: 85,97, или 49,51 %, разница в весе является небольшой: 1,67 т/га, или 0,97 %.

7. Общий выход кормов (т/га) – витаминно-травяной муки, сенажа и силоса – в соответствии с урожайностью зеленой массы получен больше в схеме 2: 8,90, или 58 %, разница со схемой 1 (6,37, или 42 %) составила 2,53 т/га, или 16 %.

8. В условиях Акмолинской области можно произвести разноцелевые корма: сочные и витаминизированные. Обеспечить потребность сельскохозяйственных животных в кормах возможно, возделывая кормовые культуры на посевной площади 180,0 тыс. га. Выход кормов составит 42 % для 500 тыс. голов, исходя из зоотехнической нормы кормления. В остальные 58 % кормов войдут грубые виды и зерноотходы.

9. Рекомендуется скашивать стеблестой по схеме 2: для люцерны и горца – первый укос в фазе начале цветения, второй – в фазе бутонизации, кукурузу - в фазе молочно-восковой спелости зерна. Скашивать стеблестой рекомендуется на высоте 10–15 см в условиях Акмолинской области.

10. Для производства стабильных и высоких урожаев необходимо чередовать укосное использование: схему 1, затем 2 по годам.

#### Библиографический список

1. Мишуров Н. П., Давыдова С. А., Горячева А. В. Зарубежная практика применения мер и инструментов поддержки развития производства кормов и кормовых добавок для сельскохозяйственных животных// Вестник ВНИИМЖ. 2019. № 4 (36). С. 146–151.

2. Ruvuga P. R., Wredle E., Mwakaje A., Selemani I. S., Sangeda A. Z., Nyberg G., Kronqvist C. Indigenous Rangeland and Livestock Management Among Pastoralists and Agro-pastoralists in Miombo Woodlands // *Rangeland Ecology & Management*. 2020. No. 73 (2). Pp. 313–320.
3. Entio L. J., Mujica M. M., Busso C. A., Torres Y. A. Reproductive traits in four spontaneous *Pappophorum vaginatum* populations in arid Argentina // *Acta Oecologica*. 2021. No. 110. Article number 103675.
4. French K. E. Species composition determines forage quality and medicinal value of high diversity grasslands in lowland England // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2017. No. 241 (1). Pp. 193–204.
5. Sitienei I., Gillespie J., Scaglia G. Forage management practices used in production of US grass-fed beef // *Applied Animal Science*. 2019. No. 35 (6). Pp. 535–542.
6. Константинова А. В., Володина О. А. Рекомендуемые нормы и рацион кормления в мясном скотоводстве // *Агровестник*. 2019. № 2. С. 1–10.
7. Сафронова И. Н., Каримова Т. Ю., Жаргалсайхан Л. Оценка современного состояния растительного покрова Хэнтэйского Аймака Монголии // *Аридные экосистемы*. 2018. Т. 24. № 1 (74). С. 68–78.
8. Shagdar D., Yadamsuren O. Plant species composition and vegetation cover of Kherlen Toono Mountain, Mongolia // *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*. 2017. No. 10 (1). Pp. 132–136.
9. Государственный реестр селекционных достижений, рекомендуемых к использованию в Республике Казахстан / Под ред. Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан. Нур-Султан, 2020. 169 с.
10. Костиков И. Ф., Малицкая Н. В. Интродукция новых и малораспространенных культур в Северном Казахстане. Часть 3. Горец забайкальский (*Polygonum divaricatum*): монография. Петропавловск, 2017. 180 с.
11. Seitkaziev A., Shilibek K., Fakhrudanova I., Salybayev S., Zhaparova S., Duisenbayeva S., Bayazitova Z., Seitkazieva K., Aubakirov H. Environmental Evaluation of Soil Salinity with Various Watering Technologies Assessment // *Water Environment Research*. 2018. No. 90 (1). Pp. 57–63.
12. Погода и климат [Электронный ресурс]. Москва, 2004–2021. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru> (дата обращения: 30.07.2020).
13. Новоселов Ю. К., Харьков Г. Д., Шеховцова Н. С. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. Москва, 1983. 198 с.
14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва, 1985. 350 с.
15. Корелина В. А., Батакова О. Б., Зобнина И. В. Интродукция кормовых культур для расширения видового разнообразия, укрепления кормовой базы животноводства в условиях субарктической зоны Российской Федерации // *Эффективное животноводство*. 2018. № 4 (143). С. 32–35.
16. Ледяева Н. В. Сортоизучение сортов люцерны изменчивой в условиях среднегорной зоны республики Алтай // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2019. № 12 (182). С. 44–50.
17. Grev A. M., Wells M. S., Catalano D. N., Martinson K. L., Jungers J. M., Sheaffer C. C. Stem and leaf forage nutritive value and morphology of reduced lignin alfalfa // *Agronomy Journal*. 2020. No. 112 (1). Pp. 406–417.
18. Та Н. Т., Teixeira E. I., Brown H. E., Moot D. J. Yield and quality changes in lucerne of different fall dormancy ratings under three defoliation regimes // *European Journal of Agronomy*. 2020. No. 115. Article number 126012.
19. Claessens A., Bipfubusa M., Chouinard-Michaud C., Bertrand A., Tremblay G. F., Castonguay Y., Bélanger G., Berthiaume R., Allard G. Genetic selection for nonstructural carbohydrates and its impact on other nutritive attributes of alfalfa (*Medicago sativa*) forage // *Plant Breeding*. 2021. No. 140 (5). Pp. 1–11.
20. Guo G., Shen C., Liu Q., Zhang S. L., Wang C., Chen L., Xu Q. F., Wang Y. X., Huo W. J. Fermentation quality and in vitro digestibility of first and second cut alfalfa (*Medicago sativa* L.) silages harvested at three stages of maturity // *Animal Feed Science and Technology*. 2019. No. 257. Article number 114274.
21. Ковалев Н. Г., Капсамун А. Д., Павлючик Е. Н., Иванова Н. Н., Юлдашев К. С. Инновационные кормовые культуры для создания зеленого и сырьевого конвейера на мелиорированных землях центрального Нечерноземья России // *Техника и технологии в животноводстве*. 2017. № 3 (27). С. 55–59.
22. Malitskaya N., Parsova V., Kreismane D. Using *Aconogonon Divaricatum* L. as forage crop in the system of cutting rotation // *Bulletin of the M. Kozybayev North Kazakhstan State University*. 2018. No 1 (38). Pp. 7–15.
23. Lyons T., Undersander D., Welch R., Donnelly D. Estimating Alfalfa Yield from Plant Height // *Crop, Forage & Turfgrass Management*. 2016. No. 2 (1). Pp. 1–3.
24. Хализова З. Н., Зыков С. А. Состояние и перспективы развития отрасли кормопроизводства в России // *Эффективное животноводство*. 2019. № 3 (151). Pp. 14–18.
25. ГОСТ 18691-88. Корма травяные искусственно высушенные. Технические условия: стандарт. Москва, 2002. 7 с.
26. ГОСТ 23637-90. Сенаж. Технические условия: стандарт. Москва, 2003. 8 с.
27. ГОСТ 23638-90. Силос из зеленых растений. Технические условия: стандарт. Москва, 2002. 7 с.
28. Епифанова И. В., Тимошкин О. А. Оценка образцов люцерны на засухоустойчивость в условиях Среднего Поволжья // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2018. № 4. С. 48–51.
29. Гущина В. А., Тимошкин О. А., Ильина Г. В., Володькина Г. Н. Сроки посева и фотосинтетическая деятельность агроценоза люцерны изменчивой первого года жизни // *Нива Поволжья*. 2020. № 1 (54). Pp. 22–28.

30. Серегин М. В., Сысоев С. А. Влияние агрометеорологических условий на формирования качества сенажной массы многолетних трав // E-Scio. 2021. № 4 (55). С. 120–124.
31. Long E. A., Ketterings Q. M. Factors of yield resilience under changing weather evidenced by a 14-year record of corn-hay yield in a 1000-cow dairy farm // *Agronomy for Sustainable Development*. 2016. No. 36 (16). Pp. 2–9.
32. Corbeels M., Chirat G., Messad S., Thierfelder Ch. Performance and sensitivity of the DSSAT crop growth model in simulating maize yield under conservation agriculture // *European Journal of Agronomy*. 2016. No. 76. Pp. 41–53.
33. Павленко В. Н., Юшкин Д. А., Павленко В. И. Зависимость урожайности кукурузы от основной обработки почвы // *Вестник Российской сельскохозяйственной науки*. 2018. № 4. С. 47–48.

**Об авторах:**

Наталья Владимировна Малицкая<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры «Агрономия и лесоводство», ORCID 0000-0003-4382-2357, AuthorID 846464; +7 777 421-02-35, [natali\\_gorec@mail.ru](mailto:natali_gorec@mail.ru)

Олжас Даулетжанович Шойкин<sup>2</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии и почвоведения, ORCID 0000-0001-8803-2645, AuthorID 714023; +7 908 809-46-19, [od.shoykin@omgau.org](mailto:od.shoykin@omgau.org)

Мария Асылхановна Аужанова<sup>3</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры «Сельское хозяйство и биоресурсы», ORCID 0000-0002-5280-5607, AuthorID 1122850; +7 701 542-53-75, [auzhanovam@bk.ru](mailto:auzhanovam@bk.ru)

<sup>1</sup> Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева, Петропавловск, Республика Казахстан

<sup>2</sup> Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина, Омск, Россия

<sup>3</sup> Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова, Кокшетау, Республика Казахстан

## The output of a multi-purpose crop of forage crops in the Akmola region of Kazakhstan

N. V. Malitskaya<sup>1</sup>✉, O. D. Shoykin<sup>2</sup>, M. A. Auzhanova<sup>3</sup>

<sup>1</sup> North Kazakhstan University named after M. Kozybaev, Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan

<sup>2</sup> Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, Omsk, Russia

<sup>3</sup> Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov, Kokshetau, Republic of Kazakhstan

✉ E-mail: [natali\\_gorec@mail.ru](mailto:natali_gorec@mail.ru)

**Abstract.** The purpose is to increase the total yield of forage crops for the preparation of multipurpose forages in the environmental conditions of the Akmola region of Kazakhstan. **Scientific novelty.** Introduce a zonal scheme for the use of forage crops for cutting. Under the influence of environmental factors and scientifically grounded mowing, we influence the elements of the structure of the crop as the number of stems per 1 m<sup>2</sup>; stem weight, g; height, cm, in order to increase the total yield for each crop and, in general, the total yield of green mass in the cutting scheme. Green mass of different development and, accordingly, chemical composition, is intended for the preparation of juicy and fortified feed. The production of meat and dairy products is based on the access of animals to high-quality, balanced and varied feed. In the Akmola region, it is recommended to cultivate corn (*Zea mays*), alfalfa variable (*Medicago varia* Mart), as well as a promising crop such as Trans-Baikal Knotweed (*Aconogonon divaricatum* (L.) Nakai) from traditional crops. **Methods.** The study “Cultivation of forage crops for different purposes: silage (corn, Trans-Baikal Knotweed), haylage (alfalfa, knotweed), vitamin-grass flour (alfalfa, knotweed), depending on the patterns of cutting use: 1 and 2” was carried out in conditions of a moderately arid steppe for three years from 2012 to 2015. The counts and observations were carried out in accordance with the methodological instructions of the V. R. Williams All-Russian Research Institute of Feed. The experimental data were processed by the method of mathematical statistics presented by B. A. Dospekhov. **Results.** Among the tested cuttings use schemes, the results on the yield of a multi-purpose crop and structural elements differed in scheme 2. Thus, in the Trans-Baikal knotweed, the total yield was 54.72 t/ha, in alfalfa, respectively, 19.12 t/ha, in corn 13.80 t/ha. We recommend using this scheme in years with optimal environmental conditions. The air temperature and precipitation affect the green mass of crops in different ways. Namely, on the yield of the Trans-Baikal Knotweed: at the level of  $R^2_{yx*z} - 43\%$ , alfalfa – 8 %, corn – 3 %. The supply of juicy and fortified fodder in the Akmola region will be 42 %, the remaining 58 % will be represented by roughage and grain waste.

**Keywords:** *Medicago varia* Mart, *Aconogonon divaricatum* (L.) Nakai, *Zea mays*, green mass yield, structural elements, cutting use, feed directions, environmental factors.

**For citation:** Malitskaya N. V., Shoykin O. D., Auzhanova M. A. Vykhod raznotselevogo urozhaya kormovykh kul'tur v Akmolinskoy oblasti Kazakhstana [The output of a multi-purpose crop of forage crops in the Akmola region of Kazakhstan] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 01 (216). Pp. 21–38. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-21-38. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 18.10.2021, **date of review:** 29.10.2021, **date of acceptance:** 11.11.2021.

### References

1. Mishurov N. P., Davydova S. A., Goryacheva A. V. Zarubezhnaya praktika primeneniya mer i instrumentov podderzhki razvitiya proizvodstva kormov i kormovykh dobavok dlya sel'skokhozyaystvennykh zivotnykh [Foreign practice of applying measures and tools to support the development of production of feed and feed additives for farm animals] // Vestnik VNIIMZh. 2019. No. 4 (36). Pp. 146–151. (In Russian.)
2. Ruvuga P. R., Wredle E., Mwakaje A., Selemani I. S., Sangeda A. Z., Nyberg G., Kronqvist C. Indigenous Rangeland and Livestock Management Among Pastoralists and Agro-pastoralists in Miombo Woodlands // Rangeland Ecology & Management. 2020. No. 73 (2). Pp. 313–320.
3. Entio L. J., Mujica M. M., Busso C. A., Torres Y. A. Reproductive traits in four spontaneous Pappophorum vaginatum populations in arid Argentina // Acta Oecologica. 2021. No. 110. Article number 103675.
4. French K. E. Species composition determines forage quality and medicinal value of high diversity grasslands in lowland England // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2017. No. 241 (1). Pp. 193–204.
5. Sitienei I., Gillespie J., Scaglia G. Forage management practices used in production of US grass-fed beef // Applied Animal Science. 2019. No. 35 (6). Pp. 535–542.
6. Konstantinova A. V., Volodina O. A. Rekomenduyemye normy i ratsion kormleniya v myasnom skotovodstve [Recommended norms and ration of feeding in beef cattle breeding] // Agrovestnik. 2019. No. 2. Pp. 1–10. (In Russian.)
7. Safronova I. N., Karimova T. Yu., Zhargalsaykhan L. Otsenka sovremennogo sostoyaniya rastitel'nogo pokrova Khenteyskogo Aymaka Mongolii [Assessment of the current state of the vegetation cover of the Khentei Aimak of Mongolia] // Arid ecosystems. 2018. Vol. 24. No. 1 (74). Pp. 68–78. (In Russian.)
8. Shagdar D., Yadamsuren O. Plant species composition and vegetation cover of Kherlen Toono Mountain, Mongolia // Journal of Asia-Pacific Biodiversity. 2017. No. 10 (1). Pp. 132–136.
9. Gosudarstvennyy reyestr selektsionnykh dostizheniy, rekomenduyemykh k ispol'zovaniyu v Respublike Kazakhstan / Pod red. Ministerstva sel'skogo khozyaystva Respubliki Kazakhstan [State Register of Breeding Achievements Recommended for Use in the Republic of Kazakhstan / Under the editorship of Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan]. Nur-Sultan, 2020. 169 p. (In Russian.)
10. Kostikov I. F., Malitskaya N. V. Introduktsiya novykh i malorasprostranennykh kul'tur v Severnom Kazakhstane. Chast' 3. Gorets zabaykal'skiy (Polygonum divaricatum): monografiya [Introduction of new and less common crops in Northern Kazakhstan. Part 3. Transbaikalian Highlander (Polygonum divaricatum): monograph]. Petropavlovsk, 2017. 180 p. (In Russian.)
11. Seitkaziev A., Shilibek K., Fakhrudanova I., Salybayev S., Zhaparova S., Duisenbayeva S., Bayazitova Z., Seitkazieva K., Aubakirov H. Environmental Evaluation of Soil Salinity with Various Watering Technologies Assessment // Water Environment Research. 2018. No. 90 (1). Pp. 57–63.
12. Pogoda i klimat [Weather and climate] [e-resource]. Moscow, 2004–2021. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru> (date of reference: 30.07.2020). (In Russian.)
13. Novoselov Yu. K., Khar'kov G. D., Shekhovtsova N. S. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevykh opytov s kormovymi kul'turam [Guidelines for conducting field experiments with forage crops]. Moscow, 1983. 198 p. (In Russian.)
14. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta [Field experiment technique]. Moscow, 1985. 350 p. (In Russian.)
15. Korelina V. A., Batakova O. B., Zobnina I. V. Introduktsiya kormovykh kul'tur dlya rasshireniya vidovogo raznoobraziya, ukrepleniya kormovoy bazy zivotnovodstva v usloviyakh subarkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii [Introduction of fodder crops to expand species diversity, strengthen the fodder base of animal husbandry in the subarctic zone of the Russian Federation] // Efficient animal husbandry. 2018. No. 4 (143). Pp. 32–35. (In Russian.)
16. Ledyeva N. V. Sortoizuchenie sortov lyutserny izmenchivoy v usloviyakh srednegornoy zony respubliky Altay [Variety study of varietal alfalfa varieties in the conditions of the mid-mountain zone of the Altai Republic] // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2019. No. 12 (182). Pp. 44–50. (In Russian.)
17. Grev A. M., Wells M. S., Catalano D. N., Martinson K. L., Jungers J. M., Sheaffer C. C. Stem and leaf forage nutritive value and morphology of reduced lignin alfalfa // Agronomy Journal. 2020. No. 112 (1). Pp. 406–417.
18. Ta H. T., Teixeira E. I., Brown H. E., Moot D. J. Yield and quality changes in lucerne of different fall dormancy ratings under three defoliation regimes // European Journal of Agronomy. 2020. No. 115. Article number 126012.

19. Claessens A., Bipfubusa M., Chouinard-Michaud C., Bertrand A., Tremblay G. F., Castonguay Y., Bélanger G., Berthiaume R., Allard G. Genetic selection for nonstructural carbohydrates and its impact on other nutritive attributes of alfalfa (*Medicago sativa*) forage // *Plant Breeding*. 2021. No. 140 (5). Pp. 1–11.
20. Guo G., Shen C., Liu Q., Zhang S. L., Wang C., Chen L., Xu Q. F., Wang Y. X., Huo W. J. Fermentation quality and in vitro digestibility of first and second cut alfalfa (*Medicago sativa* L.) silages harvested at three stages of maturity // *Animal Feed Science and Technology*. 2019. No. 257. Article number 114274.
21. Kovalev N. G., Kapsamun A. D., Pavlyuchik E. N., Ivanova N. N., Yuldashev K. S. Innovatsionnye kormovye kul'tury dlya sozdaniya zelenogo i syr'evogo konveyera na meliorovannykh zemlyakh tsentral'nogo Nechernozem'ya Rossii [Innovative fodder crops to create a green and raw material conveyor on the reclaimed lands of the central non-black earth region of Russia] // *Bulletin of the M. Kozybayev North Kazakhstan State University*. 2018. No. 1 (38). Pp. 7–15. (In Russian.)
22. Malitskaya N., Parsova V., Kreismane D. Using *Aconogonon Divaricatum* L. as forage crop in the system of cutting rotation // *Bulletin of the M. Kozybayev North Kazakhstan State University*. 2018. No. 1 (38). Pp. 7–15.
23. Lyons T., Undersander D., Welch R., Donnelly D. Estimating Alfalfa Yield from Plant Height // *Crop, Forage & Turfgrass Management*. 2016. No. 2 (1). Pp. 1–3.
24. Khalizova Z. N., Zykov S. A. Sostoyanie i perspektivy razvitiya otrasli kormoproizvodstva v Rossii [The state and prospects of development of the feed production industry in Russia] // *Efficient animal husbandry*. 2019. No. 3 (151). Pp. 14–18. (In Russian.)
25. GOST 18691-88. Korma travyanye iskusstvenno vysushennye. Tekhnicheskie usloviya: standart [Artificially dried herbal forage. Specifications: standard]. Moscow, 2002. 7 p. (In Russian.)
26. GOST 23637-90. Senazh. Tekhnicheskie usloviya: standart [Haylage. Specifications: standard]. Moscow, 2003. 8 p. (In Russian.)
27. GOST 23638-90. Silos iz zelenykh rasteniy. Tekhnicheskie usloviya: standart [Silage from green plants. Specification: standard]. Moscow, 2002. 7 p. (In Russian.)
28. Epifanova I. V., Timoshkin O. A. Otsenka obraztsov lyutserny na zasukhoustoychivost' v usloviyakh Srednego Povolzh'ya [Assessment of alfalfa samples for drought resistance in the conditions of the Middle Volga region] // *International Agricultural Journal*. 2018. No. 4. Pp. 48–51. (In Russian.)
29. Gushchina V. A., Timoshkin O. A., Il'ina G. V., Volod'kina G. N. Sroki poseva i fotosinteticheskaya deyatel'nost' agrotsenoza lyutserny izmenchivoy pervogo goda zhizni [Sroki poseva i fotosinteticheskaya deyatel'nost' agrotsenoza lyutserny izmenchivoy pervogo goda zhizni] // *Volga Region Farmland*. 2020. No. 1 (54). Pp. 22–28. (In Russian.)
30. Seregin M. V., Sysoev S. A. Vliyanie agrometeorologicheskikh usloviy na formirovaniya kachestva senazhnoy massy mnogoletnikh trav [Influence of agrometeorological conditions on the formation of the quality of the hay mass of perennial grasses] // *E-Scio*. 2021. No. 4 (55). Pp. 120–124. (In Russian.)
31. Long E. A., Ketterings Q. M. Factors of yield resilience under changing weather evidenced by a 14-year record of corn-hay yield in a 1000-cow dairy farm // *Agronomy for Sustainable Development*. 2016. No. 36 (16). Pp. 2–9.
32. Corbeels M., Chirat G., Messad S., Thierfelder Ch. Performance and sensitivity of the DSSAT crop growth model in simulating maize yield under conservation agriculture // *European Journal of Agronomy*. 2016. No. 76. Pp. 41–53.
33. Pavlenko V. N., Yushkin D. A., Pavlenko V. I. Zavisimost' urozhaynosti kukuruzy ot osnovnoy obrabotki pochvy [Dependence of corn yield on the main tillage] // *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2018. No. 4. Pp. 47–48. (In Russian.)

#### Authors' information:

Natalya V. Malitskaya<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, senior lecturer of the department “Agronomy and Forestry”, ORCID 0000-0003-4382-2357, AuthorID 846464; +7 777 421-02-35, [natali\\_gorec@mail.ru](mailto:natali_gorec@mail.ru)  
 Olzhas D. Shoikin<sup>2</sup>, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of agrochemistry and soil science, ORCID 0000-0001-8803-2645, AuthorID 714023; +7 908 809-46-19, [od.shoykin@omgau.org](mailto:od.shoykin@omgau.org)  
 Mariya A. Auzhanova<sup>3</sup>, candidate of agricultural sciences, senior lecturer of the department “Agriculture and Bioresources”, ORCID 0000-0002-5280-5607, AuthorID 1122850; +7 701 542-53-75, [auzhanovam@bk.ru](mailto:auzhanovam@bk.ru)

<sup>1</sup> North Kazakhstan University named after M. Kozybaev, Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan

<sup>2</sup> Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, Omsk, Russia

<sup>3</sup> Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov, Kokshetau, Republic of Kazakhstan



## О единстве процессов фотосинтеза, азотфиксации и почвообразования

Ю. А. Овсянников<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: ovs122333@yandex.ru

**Аннотация.** Развитие науки происходит в результате не только накопления информации об элементарных, специфических характеристиках отдельных явлений или предметов окружающего нас мира, но и всестороннего использования полученных знаний, необходимых для понимания более сложных процессов. Цель состояла в обобщении результатов исследований, полученных при изучении фотосинтеза, почвообразования, азотфиксации и формировании новых представлений для объяснения процессов, происходящих в экосистемах разного уровня. **Научная новизна** состоит в том, что на основании анализа результатов собственных исследований и работ других авторов делается вывод о необходимости рассмотрения фотосинтеза, азотфиксации и почвообразования в рамках единой системы. **Результаты.** Предложена структурная схема этой системы. Описано взаимодействие ее отдельных компонентов, в основе которого лежит формирование обменных потоков органических веществ, участвующих в фотосинтезе, азотфиксации и почвообразовании. Предлагаемая схема взаимодействия рассматриваемых процессов в рамках единой системы позволит, по мнению автора, объективно оценивать и прогнозировать состояние отдельных агроэкосистем, биогеоценозов и биосферы в целом. **Практическое значение** работы состоит в том, что предлагаемое описание взаимодействия фотосинтеза, азотфиксации и почвообразования может быть использовано для обоснования нового подхода к повышению плодородия почвы, основанного на активизации выделительных функций корневых систем растений. Предлагаемая схема взаимодействия изучаемых процессов может быть использована при разработке математических моделей поведения агроэкосистем и биогеоценозов различного уровня, а, также, при создании автономных сред обитания человека. Основные **методы** исследования: экспериментальный, исторический и системный анализ, методы сравнения, моделирования, обобщения.

**Ключевые слова:** системный подход, познание окружающего мира, фотосинтез, симбиотическая азотфиксация, ассоциативная азотфиксация, микроорганизмы, корневые выделения, почвообразование, система, экосистема, агроэкосистема, агробиогеоценоз, биосфера, ризосфера, плодородие почв, минеральные удобрения, органические вещества, продукты фотосинтеза, эколого-биосферное земледелие.

**Для цитирования:** Овсянников Ю. А. О единстве процессов фотосинтеза, азотфиксации и почвообразования // Аграрный вестник Урала. 2022. № 01 (216). С. 39–46. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-39-46.

**Дата поступления статьи:** 08.11.2021, **дата рецензирования:** 12.11.2021, **дата принятия:** 17.11.2021.

### Постановка проблемы (Introduction)

По мере познания окружающего нас мира в науке периодически возникают новые направления и дисциплины. Как правило, они появляются в результате того, что при изучении какого-либо предмета или явления обнаруживаются отдельные их свойства, требующие более пристального внимания. Глубокое изучение этих свойств и приводит к формированию новых направлений. Такой характер познания, от частного к общему, дает прекрасные результаты. Накопление информации в рамках все новых и новых направлений уточняет и систематизирует наши знания, облегчает их передачу следующим поколениям. Но он имеет и существенный недостаток, который состоит в том, что создаются предпосылки для формирования специалистов узкой направленности. Односторонняя научная и профессиональная

деятельность нередко приводит к тому, что от специалистов, детально разбирающихся во всех тонкостях отдельного, частного процесса, ускользают представления о его взаимосвязях с другими частями системы, компонентом которой он является. В то же время сейчас мы регулярно обнаруживаем, что для понимания общей картины мира нам необходимы синтетические знания, основанные на достижениях нескольких наук. Только широкие знания и нетрадиционные подходы к решению имеющихся проблем создают условия для формирования новых теорий, новых представлений и новых парадигм в науке.

Исторический ход изучения фотосинтеза азотфиксации и почвообразования обусловил их обособление и формирование в науке самостоятельных направлений. До настоящего времени многие рассматривали фотосинтез, азотфиксацию и почво-

бразование вне их связи друг с другом. С одной стороны, это позволило существенно расширить наши представления о деталях этих процессов. Но, с другой стороны, глубокая специализация ученых уводит нас от понимания того, что они взаимосвязаны.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Базовой основой для анализа взаимодействия фотосинтеза, азотфиксации и почвообразования стали результаты собственных исследований влияния уровня минерального питания на активность фотосинтетического аппарата растений кукурузы. Наблюдения проводились в полевых опытах с использованием флуориметра РАМ-2500. Этим прибором регистрировалась флуоресценция хлорофилла, а затем определялась его фотосинтетическая активность. Результаты опытов использовались в процессе сопоставления данных, полученных другими авторами, которые изучали разные аспекты фотосинтеза, азотфиксации и почвообразования. В работе применялись исторический анализ, методы сравнения, сопоставления и обобщения. Основным методом исследования являлся системный анализ, основанный на описании системы, ее отдельных структурных компонентов, их взаимодействия между собой и с внешними факторами.

#### Результаты (Results)

Первые шаги в изучении процессов фотосинтеза были сделаны английским естествоиспытателем Дж. Пристли. Он в 1771 г. обнаружил, что растения способны «исправлять испорченный» горением свечи воздух и делать его пригодным для дыхания. С установления этого свойства растений началось исследование фотосинтеза. В настоящее время мы имеем впечатляющие достижения в его познании. Так, например, были изучены процессы переноса энергии в светособирающих комплексах растений [1] и проанализированы возможности повышения продуктивности фотосинтетического аппарата за счет формирования новых путей усвоения углекислого газа [2].

Целенаправленное изучение азотфиксации началась только через столетие. Впервые предположение о способности бобовых растений усваивать азот из воздуха было высказано в 1878 г. французским химиком Ж. Б. Буссенго. В последующем эти два процесса длительное время изучались независимо, в отрыве друг от друга. Уже достаточно подробно изучены потенциал симбиотической фиксации азота и его роль в повышении плодородия почвы и урожая последующих культур [3]. Изучается и возможность переноса генов бобовых, отвечающих за формирование симбиотической азотфиксации, в растения из семейства злаковых [4, с. 8].

В результате проведенных наблюдений были определены основные факторы (биотические, почвенные, климатические), влияющие на процесс симбиотической азотфиксации, а также способы ее активизации [5; 6]. Было установлено, что использование разного рода бактериальных препаратов,

произведенных на основе клубеньковых бактерий и микоризообразующих грибов, стимулировало симбиотическую азотфиксацию и урожайность зернобобовых культур. В исследованиях, проведенных за рубежом, были изучены основные биохимические реакции, происходящие в растениях и азотфиксирующих микроорганизмах [7].

Предпосылки для сопряженного изучения фотосинтеза и азотфиксации наметились после того, как было установлено, что органические вещества растений, выделяемые корневой системой, служат энергетической базой для процессов симбиотической азотфиксации. Однако на первых этапах этому не уделялось большого внимания, так как считалось, что доля органического вещества растений, расходуемая на энергетическое обеспечение азотфиксации, невелика. Кроме того, внимание к бобовым культурам, способным к симбиотической фиксации азота, в середине XX века ослабло из-за усиления агрохимической концепции в земледелии. В этот период укреплялось представление, что основную роль в повышении урожайности культурных растений должны сыграть минеральные удобрения. Однако сейчас становится ясно, что значение минеральных удобрений в повышении плодородия почвы было переоценено. Это служит прекрасным примером того, как может преувеличиваться роль технократического подхода в решении какой-либо проблемы. В последнем столетии такие события случались неоднократно во многих сферах деятельности, в том числе в земледелии. В качестве примера аналогичной ситуации можно привести проблему возникновения явления резистентности у вредителей, возбудителей болезней и сорняков к пестицидам. Поскольку в этой статье мы опираемся на некоторые методологические аспекты научной деятельности, будет уместно обратить внимание на причины, которые ограничивают наши возможности в оценке достижений научно-технического прогресса. Еще в 1992 г. автором в работе «Проблемы научно-технического прогресса в земледелии»<sup>1</sup> был сформулирован закон несоответствия между темпами использования достижений научно-технического прогресса, и информационными возможностями человека в оценке их последствий. Он был предложен на основе анализа проблем в сфере воздействия человека на окружающую среду. Позднее, в 2008 г., автор в работе «Прогнозирование и планирование природопользования»<sup>2</sup> рекомендовал учитывать этот закон при прогнозировании последствий антропогенной деятельности. Этот закон дает хорошее объяснение причин переоценки значения роли минеральных удобрений в земледелии и недооценки значения биологической азотфиксации в прошлом столетии.

<sup>1</sup> Овсянников Ю. А. Проблемы научно-технического прогресса в земледелии // Земледелие. 1992. № 9-10. С. 23.

<sup>2</sup> Прогнозирование и планирование природопользования: учеб. пособие / Ю. А. Овсянников, Я. Я. Яндыганов. Екатеринбург, 2008. 129 с.

Корректировка наших представлений о связи между фотосинтезом и азотфиксацией произошла после обнаружения ассоциативной азотфиксации и уточнения роли выделительных функций корневых систем растений в связывании азота. Заметный вклад в изучение ассоциативной азотфиксации был внесен профессорами М. М. Умаровым, и В. Т. Емцевым. Как оказалось, значительная часть органического вещества растений, попадающая в почву через корневые системы (до 30 % от всего объема продуктов фотосинтеза, а по некоторым оценкам – до 50 %), может использоваться на поддержание ассоциативной азотфиксации [8, с. 87].

Поступление органических веществ растений в зону, где осуществляется ассоциативная азотфиксация, происходит в виде корневых выделений и отслоений [9, с. 103]. В составе корневых выделений преобладают сахара, органические кислоты, аминокислоты, а корневых отслоений – углеводные полимеры, включая целлюлозу и пектиновые вещества. При изучении интенсивности ассоциативной азотфиксации в течение вегетационного периода было установлено, что ее максимум по времени совпадает с периодом наиболее быстрого роста растений, для которого характерны и высокие значения корневой экссудации. Совпадение этих процессов во времени не случайно. Между ними существует очень тесная взаимосвязь. Дополнительным подтверждением для такого заключения служат данные о резком снижении интенсивности азотфиксации и количества бактерий, способных связывать азот в ризосфере корней после удаления надземной части растений, например, после скашивания [10, с. 27]. Нет сомнений в том, что взаимоотношения растений и почвенных микроорганизмов формировались в процессе их длительного коэволюционного развития, которое постепенно привело к закреплению симбиотических связей между ними. Результатом такого взаимодействия стало повышение устойчивости как отдельных компонентов, так и экосистем к воздействию внешних факторов. Это положение в обязательном порядке должно учитываться при определении стратегических направлений повышения урожайности культурных растений.

Уточнение представлений о количестве корневых экссудатов, поступающих в почву, и их роли в процессе связывания азота наряду с выводом о тесной взаимосвязи фотосинтеза и азотфиксации наводит и на другие заключения. Они касаются процессов почвообразования. Если ранее мы считали, что основным источником органического вещества, попадающего в почву, являлись растительные остатки (корни и надземные части растений), то теперь следует учитывать и его поступление с прижизненными корневыми выделениями. Необходимость учета такого поступления органического вещества в почву обусловлено тем, что общая масса корневых выделений сравнима с урожаем надземной части растений.

Еще С. А. Самцевич в работе «Взаимоотношения микроорганизмов почвы и высших растений»<sup>3</sup>, опу-

бликованной в 1972 г., отмечал, что в течение всего вегетационного периода через корневые системы в почву на 1 га в пересчете на сухое вещество поступает до 5 и более тонн корневых выделений. Определение количественной характеристики выделительной функции корневых систем позволила ему, высказать предположение о том, что корневые выделения растений не в меньшей степени, чем растительные остатки, могут принимать участие в формировании почвенного плодородия. Однако предположение не привлекло к себе внимания и не получило дальнейшего развития. Это объясняется тем, что решающая роль в повышении плодородия почв в тот период, как уже отмечалось ранее, отводилась минеральным удобрениям. Другие способы считались менее эффективными. Однако сейчас, когда мы располагаем дополнительной информацией о поступлении корневых выделений и их влиянии на интенсивность ассоциативной азотфиксации, справедливость и важность ранее сделанного С. А. Самцевичем вывода не вызывает сомнений. Подтверждением этого являются и результаты опытов с различными культурами по изучению влияния ассоциативной азотфиксации на рост и развитие растений [11–13].

За счет улучшения обеспеченности растений биологическим азотом ускоряется их рост, что, в свою очередь, увеличивает поступление в почву органических веществ и активизирует жизнедеятельность всех видов живых организмов, населяющих почву. Следует отметить, что в течение длительного времени биологическим свойствам почвы не уделялось достаточного внимания. В основном в поле зрения оказывались либо химические, либо физические свойства почвы. Ранее только благодаря работам О. П. Атлавитинте, Ю. М. Возняковской, Ю. Г. Гельцер, М. С. Гилярова, Д. К. Криволицкого, Е. М. Панкратовой и Э. А. Штина поддерживался интерес к почве как среде обитания разнообразных живых организмов. В последние годы внимание к этому вопросу восстанавливается, о чем свидетельствуют некоторые публикации [14]. Очевидно, одной из причин повышения внимания к почвенному населению стало изучение и понимание последствий интенсивного применения в земледелии средств химизации.

Поступление в почву большого количества органического вещества в виде корневых выделений и растительных остатков оказывает положительное влияние на весь комплекс почвообразовательных процессов. Получая дополнительный пищевой ресурс, активизируются специфические группы живых организмов, которые осуществляют его последовательную трансформацию. Если данные процессы сбалансированы, то это повышает коэффициент гумификации органики. Пришедшая в возбужденное состояние биота начинает интенсивно воздействовать как на минеральную часть верхнего почвенного горизонта, так и на материнскую породу. Эти процессы

<sup>3</sup> Самцевич С. А. Взаимоотношения микроорганизмов почвы и высших растений // Микроорганизмы почвы и растений: сборник статей. Минск, 1972. С. 3–67.

чрезвычайно важны, так как в итоге определяют физические и химические свойства почвы, а значит, и ее плодородие. Образно говоря, почвенная биота «вгрызается» в минеральную часть почвы, в том числе в материнскую породу, обеспечивая непрерывность почвообразовательного процесса. Выбивание из этой цепочки отдельных видов почвенных живых организмов, происходящее в результате изменения условий их обитания (обработка почвы, применение средств химизации), будет вызывать депрессию почвообразовательного процесса на отдельных его этапах, а значит, и ухудшение плодородия почвы.

Сопоставление имеющейся информации о фотосинтезе, азотфиксации и почвообразовании дает нам основание для заключения о том, что все эти процессы тесно связаны друг с другом. Схематическое изображение взаимодействия рассматриваемых процессов приведено на рис. 1, из которого видно, что фотосинтез, азотфиксацию и почвообразование следует рассматривать как структурные компоненты одной системы, взаимодействующие друг с другом. Корневые выделения и растительные остатки являются промежуточным звеном прямой связи между фотосинтезом и другими компонентами системы. Изменения в любом из них неизбежно отражаются соответствующим образом на двух других.

Утверждение о тесной взаимосвязи между фотосинтезом, азотфиксацией и почвообразованием на первый взгляд может показаться необоснованным. Так, растения способны нормально расти и развиваться при отсутствии почвы на физиологических растворах. Но это стало возможно только в искусственных условиях, где нами полностью контролируются ус-

ловия выращивания: уровень минерального питания, влажность субстрата и воздуха, освещенность, температура и фитосанитарная обстановка. В естественных биогеоценозах и в полевых условиях это невозможно.

Понимание взаимосвязи между фотосинтезом, азотфиксацией и почвообразованием имеет большое теоретическое и практическое значение. Например, известно, что выращиваемые в настоящее время сельскохозяйственные культуры практически не отличаются от диких образцов по интенсивности фотосинтеза.

Как выяснилось, качественных изменений в фотосинтетическом аппарате, то есть в увеличении скорости связывания двуокси углерода, современных высокоурожайных сортов не произошло. Рост их продуктивности связывают с перераспределением продуктов фотосинтеза. Они (особенно в начальный период роста растений) используются преимущественно на формирование листового аппарата.

Только перераспределением продуктов фотосинтеза в растениях можно объяснить результаты наших наблюдений по изучению влияния уровня минерального питания на эффективность фотосинтетического аппарата растений кукурузы. В наших полевых опытах было установлено, что внесение минеральных удобрений увеличивает урожайность зеленой массы кукурузы на 17 %, а сбор ее сухого вещества – на 22 %. Но при этом активность хлорофилла растений кукурузы изменялась незначительно, то есть внесение минеральных удобрений не повышало эффективность работы фотосинтетического аппарата. Поэтому возникает вопрос: в чем причины повышения ее урожайности? Объяснить такую реакцию растений

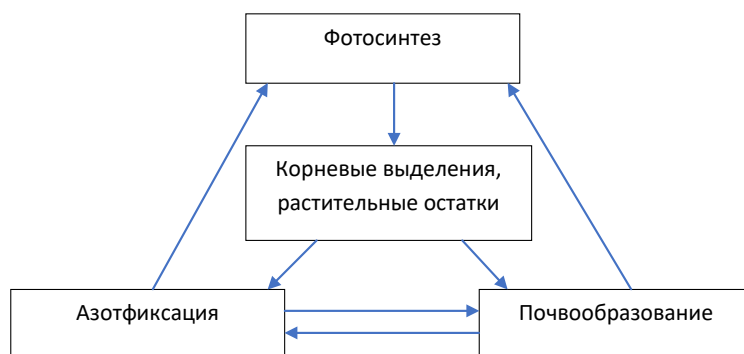


Рис. 1. Схема взаимодействия процессов фотосинтеза, азотфиксации и почвообразования

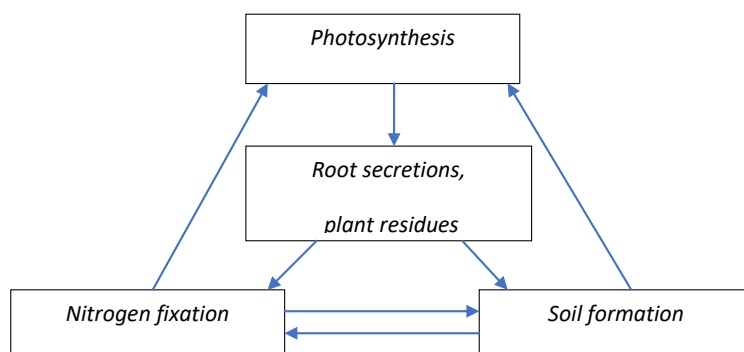


Fig. 1. Diagram of interaction of photosynthesis, nitrogen fixation and soil formation processes

можно результатами наблюдений, полученными в полевых опытах С. М. Самосовой и опубликованными в работе «Некоторые аспекты изучения взаимоотношений между озимой пшеницей и микрофлорой ризосферы корней»<sup>4</sup>. В соответствии с ними внесение элементов минерального питания в 2–3 раза снижало выделительную функцию корней растений. А обеднение субстрата минеральными элементами, наоборот, усиливало выделительные свойства. Следовательно, есть основание полагать, что основной причиной повышения урожайности растений кукурузы в наших опытах стало перераспределение продуктов фотосинтеза в пользу формирования надземной массы растений, которое происходит за счет сокращения объемов поступления в почву корневых выделений [15, с. 44]. При этом перераспределение продуктов обмена веществ при изменении условий жизнедеятельности характерно не только для высших растений, но и для других групп живых организмов. Это следует из сообщения Р. Д. Мандевой с соавторами в статье «Экскреция метаболитов дрожжами рода *Candida* при дефиците источников N, P, S или Mg в средах с различными источниками углерода»<sup>5</sup>.

Таким образом, увеличение фотосинтетического потенциала растений и урожайности сельскохозяйственных культур при внесении минеральных удобрений происходит за счет изменения выделительных свойств корневых систем. Сокращая выделительную функцию корневых систем, растения начинают использовать большую часть продуктов фотосинтеза на формирование листовой массы, что в итоге и обуславливает увеличение общего объема органического вещества надземной массы. Это хорошо объясняет, почему современные сорта, имея высокую продуктивность, одновременно требовательны к уровню минерального питания. Если это так, то искусственно создаваемые формы растений, уменьшая поступление корневых выделений в почву, неизбежно (в соответствии с законами функционирования систем) могут оказывать неблагоприятное влияние на сопряженные с фотосинтезом процессы – азотфиксацию и почвообразование. В результате возникает их депрессия. Для ее устранения мы вынуждены использовать минеральные удобрения. Но при этом проблема не просто не разрешается, а усугубляется. Имеются многочисленные данные о том, что, повышая урожайность культурных растений, минеральные удобрения (особенно при длительном их использовании) могут ухудшать физические, химические и биологические свойства почвы. В опытах по изучению симбиотической и ассоциативной азотфиксации было установлено, что эффективность этих процессов чаще всего снижается при внесении азотных удобрений.

<sup>4</sup> Самосова С. М. Некоторые аспекты изучения взаимоотношений между озимой пшеницей и микрофлорой ризосферы корней // Микроорганизмы почвы и их взаимоотношения с высшими растениями: сборник статей. Казань: КГУ, 1971. С. 3–12.

<sup>5</sup> Мандева Р. Д., Ермаков И. Г., Ложинова А. Б. Экскреция метаболитов дрожжами рода *Candida* при дефиците источников N, P, S или Mg в опытах с различными источниками углерода // Микробиология. 1981. Т. 50. Вып. 1. С. 62–68.

Кроме того, внесение удобрений порождает новые проблемы – экологические и экономические. Следовательно, понимание связи между фотосинтезом, азотфиксацией и почвообразованием дает нам методологическую основу для оценки последствий нашего вмешательства в агроэкосистемы.

Сопряженное положение между фотосинтезом, азотфиксацией и почвообразованием хорошо согласуется с концепцией биосферных функций почв Г. В. Добровольского и Е. Д. Никитина. В соответствии с их выводами почвы, которые образуются под влиянием определенного типа растительности, почвенного населения и климата, участвуют в формировании химического состава атмосферы, гидросферы и планетарных биогеохимических потоков. Уместно отметить: для того чтобы сформулировать свою концепцию, авторы должны были оторваться от частных характеристик почв и разглядеть их участие в более сложных процессах.

### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Научное и практическое значение понимания взаимовлияния фотосинтеза, азотфиксации и почвообразования состоит и в том, что оно указывает на принципиально новые пути повышения плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур. Эти задачи могут быть решены за счет самого растения [15, с. 45].

Поскольку поступление органических веществ в почву с корневыми выделениями по общему объему и эффекту сравнимо с его поступлением при внесении органических удобрений, то, очевидно, усилив эту функцию корневых систем, мы сможем в соответствующей степени активизировать процессы азотфиксации, а значит, почвообразования и фотосинтеза. Увеличить поступление корневых выделений в почву можно селекционным путем. Для современной науки задача получения растений с такими характеристиками не является невыполнимой. Именно такой способ повышения плодородия почв предлагается использовать при переходе на эколого-биосферную систему земледелия.

Рекомендуемый способ повышения плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур имеет при сравнении с агрохимическим существенные преимущества. Во-первых, он экологически безопасен, так как основан на естественных природообразовательных процессах. Во-вторых, такой способ предпочтителен с экономической точки зрения. Приобретение, транспортировка, хранение и внесение минеральных удобрений требуют больших затрат. Их доля при выращивании сельскохозяйственных культур достигает 40 % от общих. Поэтому если задача повышения плодородия почв будет решена менее дорогостоящим способом, за счет физиологических свойств самого растения, то это даст значительный экономический эффект. В-третьих, его реализация в рамках эколого-биосферного земледелия может внести существенный вклад в решение некоторых экологических проблем, имеющих глобальный характер, в том числе изменения климата.

Представленная схема взаимодействия фотосинтеза, азотфиксации и почвообразования может использоваться также при создании искусственных экосистем, предназначенных для обеспечения благоприятных условий жизнедеятельности человека в автономных средах обитания.

Уточнение представлений о взаимосвязи между фотосинтезом, азотфиксацией и почвообразованием позволяет сформулировать два принципиально важных положения, которые должны учитываться в земледелии. Первое состоит в следующем: увеличение поступления в почву продуктов фотосинтеза в виде корневых выделений и растительных остатков активизирует процессы азотфиксации, почвообразования и в итоге способствует повышению ее плодородия, а также урожайности сельскохозяйственных культур. Второе: все структурные компоненты рассматриваемой системы находятся между собой в тесной взаимосвязи. Даже кратковременное подавление любого из них недопустимо. С этой точки зрения насыщение технологических схем выращивания сельскохозяйственных культур техногенными элементами без учета их влияния на отдельные процессы, происходящие в агроэкосистемах, неизбежно будет создавать условия для их деградации, а значит, и увеличения наших затрат на обеспечение нормальных условий для роста и развития сельскохозяйственных культур.

Бесспорно, ввиду сложности составных компонентов представленная схема взаимодействия фотосинтеза, азотфиксации и почвообразования неидеальна. Вероятно, она нуждается в уточнении деталей и проведении дополнительных исследований. Одним из направлений ее проверки, совершенствования и конкретизации может стать математическое моделирование. Этот способ исследования стал одним

из инструментов изучения поведения сложных динамических систем. Именно он использовался при построении моделей глобального развития и оценке последствий применения ядерного оружия. В настоящее время он является основным методом изучения процессов или объектов в условиях, когда возникают сложности в проведении классического эксперимента. Поэтому математическое моделирование часто используется при изучении поведения как простых, так и сложных экосистем. Первоначальный этап таких исследований состоит в построении умозрительной модели и определении ее составных компонентов. В последующем описывается характер их взаимосвязей, что и определяет поведение модели при изменении внутренних и внешних параметров ее функционирования. Представленная схема взаимодействия фотосинтеза, азотфиксации и почвообразования, ее элементы или их взаимосвязи могут использоваться при построении математических моделей экосистем разного типа и изучении их поведения в разных условиях. В настоящее время уже накоплен некоторый опыт в математическом моделировании симбиотической азотфиксации [16; 17].

В заключение следует отметить, что предлагаемый подход выводит наши представления о фотосинтезе, азотфиксации и почвообразовании на новый уровень. Объединение рассматриваемых процессов в рамках одной системы создает методологическую базу для контроля и регулирования состояния агроэкосистем. Это может иметь значение не только для земледелия, но и для экологии. Учет взаимовлияния фотосинтеза, азотфиксации и почвообразования подводит научную основу для прогнозирования как состояния отдельных биогеоценозов, так и биосферы в целом.

#### Библиографический список

1. Яковлев А. Г., Таисова А. С., Фетисова З. Г. Перенос энергии в светособирающих аппаратах природного фотосинтеза // *Успехи современной биологии*. 2020. Т. 140. № 2. С. 166–182. DOI: 10.31857/S0042132420020088.
2. Соколов В. А. О возможном пути увеличения эффективности фотосинтеза // *Доклады Российской академии наук. Науки о жизни*. 2020. Т. 491. № 1. С. 204–207. DOI: 10.31857/S2686738920020249.
3. Постников П. А. Оценка гороха как предшественника для яровой пшеницы // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2019. № 1 (21). С. 15–21. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11067.
4. Проворов Н. А., Тихонович И. А. Современное состояние и перспективы развития симбиогенетики // *Экологическая генетика*. 2019. Т. 17. № 1. С. 5–10. DOI: 10.17816/ecogen1715-10.
5. Гурьев Г. П., Васильчиков А. Г. Влияние препаратов клубеньковых бактерий и комплексного микробного удобрения (КМУ) на симбиотическую азотфиксацию и урожай гороха // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2017. № 1 (21). С. 23–28.
6. Балашов В. В., Балашов А. В., Кудинов В. В. Влияние минеральных удобрений, предшественника и ризоторфина на развитие симбиотического аппарата и урожайность нута // *Плодородие*. 2016. № 6 (93). С. 14–15.
7. Samorodova A. P., Tvorogova V. E., Tkachenko A. A., Potsenkovskaya E. A., Lebedeva M. A., Tikhonovich I. A., Lutova L. A. Agrobacterial tumors interfere with nodulation and demonstrate the expression of nodulation-induced CLE genes in pea // *Journal of Plant Physiology*. 2018. Vol. 221. Pp. 94–100. DOI: 10.1016/j.jplph.2017.12.005.
8. Завалин А. А., Алферов А. А., Чернова Л. С. Ассоциативная азотфиксация и практика применения биопрепаратов в посевах сельскохозяйственных культур // *Агрехимия*. 2019. № 8. С. 83–96. DOI: 10.1134/S0002188119080143.
9. Емцев В. Т., Мишустин Е. Н. *Сельскохозяйственная микробиология: учебник для академического бакалавриата*. Москва: Издательство Юрайт, 2019. 197 с.
10. Завалин А. А., Соколов О. А., Шмырева Н. Я. *Экология азотфиксации*. Саратов, 2019. 252 с.
11. Froussart E., Bonneau J., Franche C., Bogusz D. Recent advances in actinorhizal symbiosis signaling // *Plant Molecular Biology*. 2016. Vol. 90. No. 6. Pp. 613–622.

12. Копылов Б. А., Турчин В. В., Громаков А. А. Эффективность бактериальных препаратов в организации минерального питания подсолнечника на черноземе обыкновенном // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2021. № 1-1 (39). С. 68–74.

13. Хамова О. Ф., Мансапова А. И., Горбова М. А., Шулико Н. Н., Тукмачева Е. В. Влияние биопрепаратов комплексного действия на биологическую активность ризосферы и продуктивность льна-долгунца // Плодородие. 2021. № 2 (119). С. 52–55. DOI: 10.25680/S19948603.2021.119.14.

14. Чулков В. А., Чапалда Т. Л. Оценка влияния сидератов на биологические свойства чернозема оподзоленного в звене полевого севооборота // Аграрный вестник Урала. 2021. № 4 (207). С. 55–63. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-55-63.

15. Овсянников Ю. А. Флуоресценция хлорофилла кукурузы и механизм повышения ее урожайности при внесении минеральных удобрений // Аграрный вестник Урала. 2021. № 2 (205). С. 41–47. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-205-02-41-47.

16. Абрамова А. В., Неупокоева К. Г. О математическом моделировании симбиотической азотфиксации // Прикладная математика и фундаментальная информатика. 2015. № 2. С. 95–101.

17. Абрамова А. В., Хворова Л. А., Топаж А. Г. Моделирование симбиотической азотфиксации методами теории оптимального управления и эволюционных игр // Тезисы докладов VII Международной конференции памяти профессора А. А. Колоколова. Омск, 2018. С. 47.

#### Об авторах:

Юрий Алексеевич Овсянников<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры растениеводства и селекции, ORCID 0000-0003-4937-4268, AuthorID 129091; +7 (343) 221-41-16, 221-41-17, ovs122333@yandex.ru

<sup>1</sup> Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

## On the unity of the processes of photosynthesis, nitrogen fixation and soil formation

Yu. A. Ovsyannikov<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: ovs122333@yandex.ru

**Abstract.** The development of science occurs not only as a result of the accumulation of information about the elementary, specific characteristics of individual phenomena or objects of the world around us, but also as a result of the comprehensive use of the acquired knowledge necessary to understand more complex processes. **The purpose** was to summarize the results of studies obtained in the study of photosynthesis, soil formation, nitrogen fixation and the formation of new ideas to explain the processes occurring in ecosystems of different levels. **The scientific novelty** consists in the fact that, based on the analysis of the results of their own research and the work of other authors, it is concluded that photosynthesis, nitrogen fixation and soil formation should be considered within a single system.

**Results.** A block diagram of this system was proposed. The interaction of its individual components was described, which is based on the formation of metabolic flows of organic substances involved in photosynthesis, nitrogen fixation and soil formation. The proposed scheme of interaction of the processes under consideration within a single system will allow, according to the author, to objectively assess and predict the state of individual agroecosystems, biogeocenoses and the biosphere as a whole. **The practical significance** of the work is that the proposed description of the interaction of photosynthesis, nitrogen fixation and soil formation can be used to justify a new approach to increasing soil fertility based on the activation of excretory functions of plant root systems. The proposed scheme of interaction of the studied processes can be used in the development of mathematical models of behavior of agroecosystems and biogeocenoses of various levels, as well as in the creation of autonomous human habitats. The main **research methods** are experimental, historical and system analyses, comparisons, simulations, generalizations.

**Keywords:** system approach, cognition of the surrounding world, photosynthesis, symbiotic nitrogen fixation, associative nitrogen fixation, microorganisms, root secretions, soil formation, system, ecosystem, agroecosystem, agrobiogeocenosis, biosphere, rhizosphere, soil fertility, mineral fertilizers, organic substances, photosynthesis products, ecological and biospheric agriculture.

**For citation:** Ovsyannikov Yu. A. O edinstve protsessov fotosinteza, azotfiksatsii i pochvoobrazovaniya [On the unity of the processes of photosynthesis, nitrogen fixation and soil formation] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 01 (216). Pp. 39–46. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-39-46. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 08.11.2021, **date of review:** 12.11.2021, **date of acceptance:** 17.11.2021.

## References

1. Yakovlev A. G., Taisova A. S., Fetisova Z. G. Perenos energii v svetosobirayushchikh apparatakh prirodnogo fotosinteza [Energy transfer in light-harvesting apparatus of natural photosynthesis] // *Biology Bulletin Reviews*. 2020. Vol. 140. No. 2. Pp. 166–182. (In Russian.)
2. Sokolov V. A. O vozmozhnom puti uvelicheniya effektivnosti fotosinteza [O vozmozhnom puti uvelicheniya effektivnosti fotosinteza] // *Doklady Rossiyskoy akademii nauk. Nauki o zhizni*. 2020. Vol. 491. No. 1. Pp. 204–207. (In Russian.)
3. Postnikov P. A. Otsenka gorokha kak predshestvennika dlya yarovoy pshenitsy [Evaluation of peas as a predecessor for spring wheat] // *Legumes and groat crops*. 2019. No. 1 (29). Pp. 15–21. (In Russian.)
4. Provorov N. A., Tikhonovich I. A. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya simbiogenetiki [Current state and prospects for development of symbiogenetics] // *Ecological genetics*. 2019. T. 17. No. 1. Pp. 5–10. (In Russian.)
5. Gur'ev G. P., Vasil'chikov A. G. Vliyanie preparatov kluben'kovykh bakteriy i kompleksnogo mikrobnogo udobreniya (KMU) na simbioticheskuyu azotfiksatsiyu i urozhay gorokha [Influence of preparations nodule bacteria and complex microbial fertilizer (CMF) on symbiotic nitrogen fixation and yield of pea] // *Legumes and groat crops*. 2017. No. 1 (21). Pp. 23–28. (In Russian.)
6. Balashov V. V., Balashov A. V., Kudinov V. V. Vliyanie mineral'nykh udobreniy, predshestvennika i rizotorfina na razvitie simbioticheskogo apparata i urozhaynost' nuta [Effect of mineral fertilizers, preceding crop, and rizotorfin on the development of the symbiotic apparatus and the yield of chickpea] // *Plodorodie*. 2016. No. 6 (93). Pp. 14–15. (In Russian.)
7. Samorodova A. P., Tvorogova V. E., Tkachenko A. A., Potsenkovskaya E. A., Lebedeva M. A., Tikhonovich I. A., Lutova L. A. Agrobacterial tumors interfere with nodulation and demonstrate the expression of nodulation-induced CLE genes in pea // *Journal of Plant Physiology*. 2018. Vol. 221. Pp. 94–100. DOI: 10.1016/j.jplph.2017.12.005.
8. Zavalin A. A., Alferov A. A., Chernova L. S. Assotsiativnaya azotfiksatsiya i praktika primeneniya biopreparatov v posevakh sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Associative nitrogen fixation and the practice of application of biological products in agricultural crops] // *Agrokimiya*. 2019. No. 8. Pp. 83–96. (In Russian.)
9. Emtsev V. T., Mishustin E. N. Sel'skokhozyaystvennaya mikrobiologiya: uchebnik dlya akademicheskogo bakalavriata [Agricultural microbiology: a textbook for academic bachelor's degrees]. Moscow: Izdatel'stvo Yurayt, 2019. 197 p. (In Russian.)
10. Zavalin A. A., Sokolov O. A., Shmyreva N. Ya. Ekologiya azotfiksatsii [Ecology of nitrogen fixation]. Saratov, 2019. 252 p. (In Russian.)
11. Froussart E., Bonneau J., Franche C., Bogusz D. Recent advances in actinorhizal symbiosis signaling // *Plant Molecular Biology*. 2016. Vol. 90. No. 6. Pp. 613–622.
12. Kopylov B. A., Turchin V. V., Gromakov A. A. Effektivnost' bakterial'nykh preparatov v organizatsii mineral'nogo pitaniya podsolnechnika na chernozeme obyknovennom [The effectiveness of bacterial preparations in the organization of mineral nutrition of sunflower on ordinary chernozem] // *Vestnik of Don State Agrarian University*. 2021. No. 1-1 (39). Pp. 68–74. (In Russian.)
13. Khamova O. F., Mansapova A. I., Gorbova M. A., Shuliko N. N., Tukmacheva E. V. Vliyanie biopreparatov kompleksnogo deystviya na biologicheskuyu aktivnost' rizosfery i produktivnost' l'na-dolguntsa [Influence of biopreparations of integrated action on the biological activity of the rhizosphere and productivity of dolluna flax] // *Plodorodie*. 2021. No. 2 (119). Pp. 52–55. (In Russian.)
14. Chulkov V. A., Chapalda T. L. Otsenka vliyaniya sideratov na biologicheskie svoystva chernozema opodzolenogo v zvene polevogo sevooborota [Evaluation of the influence of siderates on the biological properties of podzolized chernozem in the link of field crop rotation] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021. No. 4 (207). Pp. 55–63. (In Russian.)
15. Ovsyannikov Yu. A. fluorestsentsiya khlorofilla kukuruzy i mekhanizm povysheniya ee urozhaynosti pri vnesenii mineral'nykh udobreniy [Fluorescence of corn chlorophyll and the mechanism of increasing its yield when applying mineral fertilizers] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021. No. 2 (205). Pp. 41–47. (In Russian.)
16. Abramova A. V., Neupokoeva K. G. O matematicheskom modelirovanii simbioticheskoy azotfiksatsii [On mathematical modeling of symbiotic nitrogen fixation] // *Prikladnaya matematika i fundamental'naya informatika*. 2015. No. 2. Pp. 95–101. (In Russian.)
17. Abramova A. V., Khvorova L. A., Topazh A. G. Modelirovanie simbioticheskoy azotfiksatsii metodami teorii optimal'nogo upravleniya i evolyutsionnykh igr [Modeling of symbiotic nitrogen fixation by methods of optimal control theory and evolutionary games] // *Tezisy dokladov VII Mezhdunarodnoy konferentsii pamyati professora A. A. Kolokolova*. Omsk, 2018. P. 47. (In Russian.)

**Authors' information:**

Yuriy A. Ovsyannikov<sup>1</sup>, doctor of agricultural sciences, associate professor, professor of the department of crop production and breeding, ORCID 0000-0003-4937-4268, AuthorID 129091; +7 (343) 221-41-16, 221-41-17, ovs122333@yandex.ru

<sup>1</sup> Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia



## Молочная продуктивность и воспроизводительная способность коров при различных способах содержания

А. Л. Аминова<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

✉ E-mail: albina\_ufa@list.ru

**Аннотация.** Для полной реализации генетического потенциала маточного поголовья крупного рогатого скота условия содержания должны максимально отвечать оптимальным условиям жизнедеятельности животных. В связи с этим изучение влияния условий содержания на продуктивность и воспроизводительную способность коров является научно обоснованным и актуальным направлением исследований. **Цель** работы – изучение уровня молочной продуктивности и воспроизводительной способности при различных способах содержания коров черно-пестрой породы в послеродовой период. **Методы.** Результаты работы основываются на аналитическом, биометрическом, статистическом методах и собственных исследованиях авторов. **Результаты.** В собственных исследованиях установлено, что наибольшие показатели молочной продуктивности были у коров на беспривязном содержании: по удою – на 1153,3 кг (или 18,2 %), коэффициенту молочности – на 198,7 кг (16,4 %), количеству белка – на 9,7 кг (4,9 %), молочного жира – на 2,7 кг (1,08 %) ( $P > 0,95$ ) больше по сравнению с показателями животных на привязном содержании. Установлено, что в послеродовой период, несмотря на проявление охоты, раннее осеменение коров нерационально по сравнению с осеменением в более поздние сроки после отела независимо от способов содержания. Хорошие показатели оплодотворения (92,1 %) у коров на привязном способе содержания, которые до осеменения имели три нормальных половых цикла. Коровы на беспривязном способе содержания показали наибольший процент стельности (92,7 %) за три месяца учета и более после отела. В целом применение схемы гормональной регуляции позволяет получать достаточно высокие результаты стимуляции охоты, что является показателем нормализации овариальной цикличности животных независимо от условий содержания. **Научная новизна** заключается в том, что установлены показатели молочной продуктивности, результативности осеменения коров в разные сроки после отела и от количества лактаций во взаимосвязи от привязного или беспривязного способа содержания.

**Ключевые слова:** коровы, привязный способ содержания, беспривязный способ содержания, продуктивность, овариальная цикличность, лечение, воспроизводство, охота, стельность.

**Для цитирования:** Аминова А. Л. Молочная продуктивность и воспроизводительная способность коров при различных способах содержания // Аграрный вестник Урала. 2022. № 01 (216). С. 47–55. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-47-55.

**Дата поступления статьи:** 02.03.2021, **дата рецензирования:** 18.05.2021, **дата принятия:** 27.09.2021.

### Постановка проблемы (Introduction)

В животноводстве обычно применяются два способа содержания коров – привязной и беспривязной, при этом в нашей стране наибольшее распространение получил традиционный привязной способ содержания, который удобен из-за пропорционального обеспечения кормов и индивидуального обслуживания персонала для группы животных [1, с. 100]. Но наиболее рациональным на молочных фермах является беспривязный способ содержания коров, так как он в большей степени соответствует биологическим требованиям организма животных [2, с. 33; 3], что способствует увеличению молочной продуктивности, а также снижению показателя индекса осе-

нения и сокращению продолжительности сервис-периода [4, с. 127].

Т. В. Кулакова с соавторами сообщают, что при беспривязном способе создаются наиболее естественные условия для содержания коров и в результате этот способ оказывает благоприятное воздействие на репродуктивную функцию животных. Установлены значения коэффициента воспроизводительной способности и индекса плодовитости на уровне 0,890 и 43,6 соответственно [4, с. 130].

Вместе с тем имеются сообщения о том, что в отличие от беспривязного содержания продолжительность жизни и молочная продуктивность увеличиваются в условиях привязного способа содержания

коров молочных пород, в том числе черно-пестрой [5, с. 2], а также надежность выполнения технологии воспроизводства стада обеспечивается двойным контролем со стороны доярки и техника-осеменатора [6, с. 41], но при этом трудозатраты обслуживающего персонала на 13,9 чел/ч (или в 5,6 раза) больше, чем при беспривязном [7, с. 67]. Рентабельность молочного производства при разных условиях содержания животных отличалась на 10,9 % в пользу привязных коров [8, с. 91].

Нарушения обмена веществ, гормональный дисбаланс, снижение резистентности организма животных обусловлены неблагоприятными факторами внешней среды. Наиболее распространенной причиной нарушений воспроизводства коров являются функциональные расстройства яичников, обусловленные изменением генеративной и гормональной их функций. Дисфункция яичников (гипофункция яичников, фолликулярные и лютеиновые кисты, задержка овуляции, персистентное желтое тело) клинически проявляется анафродизией, неполноценностью половых циклов и отчасти возникает в результате негативного энергетического баланса.

На овариальную активность коров в ранний послеродовой период влияет энергетический баланс, который высоко коррелирует с увеличением интервала от отела до первой овуляции. Увеличение молочной лактации коров в послеродовой период и потребление питательных веществ практически на неизменном уровне постепенно приводят организм животных в состояние негативного энергетического баланса, степень и продолжительность которого влияют на показатели первой овуляции после отела. Задержка первой овуляции наблюдается у коров с пониженной кондицией тела, что является признаком наличия состояния негативного энергетического баланса. По данным исследователей, такие коровы имеют низкие концентрации лютеинизирующего гормона и инсулиноподобного фактора роста 1, которые негативно действуют на размер и количество больших фолликулов и препятствуют овуляции. В итоге это приводит к дисфункции яичников [9, с. 5; 10, с. 207]. Зачастую после создания животному приемлемых условий кормления и содержания происходит возобновление циклической активности яичников.

Проведением регулярных ректальных исследований было установлено, что первая овуляция наступает в среднем на 14–40-й день после отела и клинически выраженными признаками может не проявляться у 50 % коров, что в результате приводит к увеличению числа бесплодных дней [11, с. 87; 12, с. 443]. Яичники в состоянии функционального покоя регистрировали у 35–40 % коров, которые могут иметь проявление в любом возрасте [13, с. 26].

После выяснения причин, снижающих оплодотворяемость, проблему плодотворного осеменения в послеродовой период коров решают с помощью целенаправленных воздействий биологически актив-

ными веществами. Применение высокоэффективной технологии интенсивного воспроизводства стада заключается в индуцировании половой циклическости в сочетании с синхронизацией овуляции [13, с. 25].

Для восстановления воспроизводительной функции применяется заместительная гормонотерапия, которая обусловлена трехуровневой регуляцией гипоталамо-гипофизарно-яичниковой системы. Гипоталамическая стимуляция (первый уровень) продуцирует один из релизинг-гормонов гонадотропин-релизинг-гормон, который инициирует секрецию гипофизом (второй уровень) в виде последовательности пиков фолликулостимулирующего гормона и лютеинизирующего гормона, которые, в свою очередь, на уровне яичников (третий уровень) избирательно нормализуют или стимулируют фолликулогенез, овуляцию, образование и развитие желтого тела [15, с. 23–26].

Введение лютеолитических препаратов в более чем 90 % случаев способствует не только возобновлению циклической деятельности яичников, но и очищению матки от продуктов воспалительного процесса в результате ее быстрой контракции [14].

Для нормализации яичниковой системы к гонадотропинам применяют экзогенный прогестерон, который гарантирует нормальную продолжительность существования желтого тела. После прекращения действия прогестерона происходит лизис лютеальной ткани и запускается нормофункциональная циклическость яичников у коров [15, с. 36].

Способы содержания маточного поголовья крупного рогатого скота должны в полной мере отвечать естественным требованиям организма для максимальной реализации репродукционного ресурса животных. В связи с этим большое значение имеют исследования о восстановлении воспроизводительной функции коров при различных условиях содержания.

Цель работы – изучение уровня молочной продуктивности и воспроизводительной способности при различных способах содержания коров черно-пестрой породы в послеродовой период.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Научно-производственные работы проведены в хозяйстве СПК «Племзавод-Алга» Краснокамского района Республики Башкортостан с беспривязным (Старобуртлюковская ферма) и привязным (Кереметевская ферма) способами содержания коров черно-пестрой породы на протяжении 2018–2019 гг.

Для изучения показателей молочной продуктивности методом пар-аналогов были сформированы две группы коров по 35 голов в каждой, группы отличались способами содержания.

По данным зоотехнического учета с использованием программы «Селэкс» определяли параметры молочной продуктивности за 305 дней лактации и живой массы.

Коэффициент молочной продуктивности (КМ) рассчитывали по формуле  

$$КМ = \text{удой за 305 дней лактации} / \text{живая масса} \times 100.$$

Для определения характера процесса инволюции матки и овариальной активности после отела проводили ректальные исследования коров. У новотельных коров признаками снижения функциональной активности яичников служили следующие изменения: гладкий, уплотненный или размягченный яичник без фолликулов и желтых тел; через 10 дней при повторном ректальном исследовании также наблюдали отсутствие фолликулов и желтых тел. Анализу не подвергали животных с воспалительными процессами в половых органах.

Стимуляция овариальной активности у коров в послеродовой период проведена на 420 головах с использованием комплекса гонадотропинов, прогестагенов, гонадолиберина, синтетических простагландинов в различных сочетаниях и дозировках. Определение эффективности их применения, а также осеменение коров осуществляли по методикам и инструкциям ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста, а также наставлениям, прилагаемым к официальным формам препаратов. Условия кормления и содержания соответствовали зоотехническим нормам.

Цифровой материал обработан биометрически с использованием программы MS Excel.

### Результаты (Results)

При анализе показателей молочной продуктивности коров было установлено достоверное различие между обеими группами коров (таблица 1). Так, разница между животными с привязным способом содержания и беспривязным составила соответственно: по удою – 1153,3 кг (или 18,2 %), коэффициенту молочности – 198,7 кг (16,4 %), количеству белка – 9,7 кг (4,9 %), молочного жира – 2,7 кг (1,08 %), живой массе – 11,3 кг (2,2 %) ( $P > 0,95$ ).

Таким образом, наиболее высокими показателями по большинству параметров отличались коровы на беспривязном содержании, показатели массовой доли жира и белка в группах были одинаковыми и равнялись 3,93 и 3,13 % соответственно.

Увеличение молочной продуктивности коррелирует со снижением репродуктивной способности, поэтому у высокопродуктивных коров отмечают высокую частоту различных нарушений овариальной цикличности яичников после отела [16, с. 30; 17, с. 80]. В связи с этим актуальным является исследование о процессах возобновления овариальной цикличности коров после отела, отличающихся различными технологиями содержания.

Биологический аспект целесообразного срока первичного осеменения коров в послеродовой период в зависимости от способа содержания имеет научно-практическое значение, так как различные условия содержания формируют порядок и физиологические показатели возобновления и приготовления организма животного для очередной стельности [18, с. 194].

Для определения эффективности осеменения при беспривязном (180 голов) и привязном (150 голов) способах содержания мы провели следующую серию исследований, при этом послеродовой период условно разделили на 4 срока: до 30 дней, 30–60, 61–90, более 90 дней.

На основе проведенных исследований было установлено, что в течение первого месяца после отела 5,3 % коров проявили полновесную охоту на привязном способе содержания и 3,3 % – на беспривязном (рис. 1) при оплодотворяемости 37,5 и 33,3 % соответственно (рис. 2). В последующий месяц охоту проявили 48 % привязных и 42,2 % беспривязных коров (рис. 1), из которых результативно осеменены 79,2 и 73,7 % соответственно (рис. 2).

Таблица 1

### Показатели молочной продуктивности и живой массы животных при различных условиях содержания

Показатель	Способ содержания	
	Привязный, $n = 35$	Беспривязный, $n = 35$
Удой, кг	5174,4 ± 184,1*	6327,7 ± 126,7
Массовая доля жира, %	3,93 ± 0,011	3,93 ± 0,021
Количество молочного жира, кг	247,6 ± 7,46*	250,3 ± 1,64
Массовая доля белка, %	3,13 ± 0,018	3,13 ± 0,011
Количество молочного белка, кг	189,4 ± 5,13*	199,1 ± 5,25
Живая масса, кг	512,2 ± 10,88	523,5 ± 11,94
Коэффициент молочности, кг	1010,6 ± 41,5*	1209,3 ± 35,6

\* $P > 0,95$ .

Table 1  
Milk productivity and live weight of cows with different methods of keeping

Parameter	Method of content	
	Linked, $n = 35$	Loose, $n = 35$
Milk yield, kg	5174.4 ± 184.1*	6327.7 ± 126.7
Mass fraction of fat, %	3.93 ± 0.011	3.93 ± 0.021
Amount of milk fat, kg	247.6 ± 7.46*	250.3 ± 1.64
Mass fraction of protein, %	3.13 ± 0.018	3.13 ± 0.011
Amount of milk protein, kg	189.4 ± 5.13*	199.1 ± 5.25
Live weight, kg	512.2 ± 10.88	523.5 ± 11.94
The ratio of milk yield, kg	1010.6 ± 41.5*	1209.3 ± 35.6

\* $P > 0,95$ .

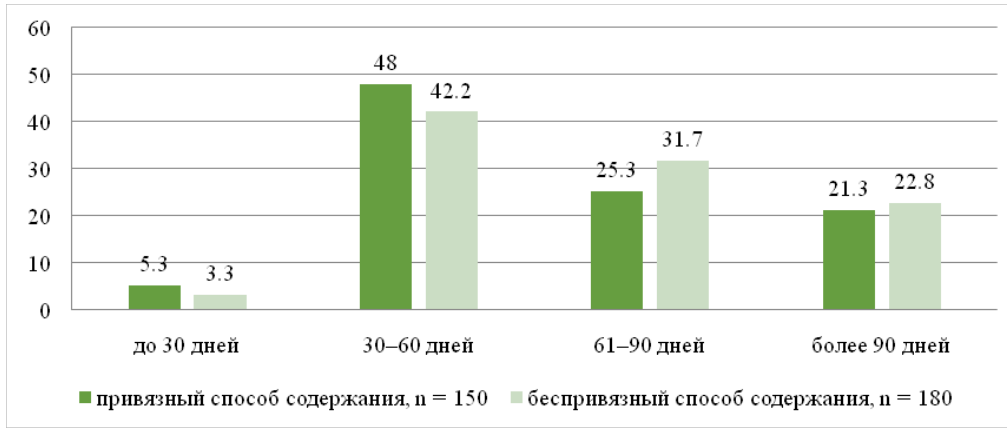


Рис. 1. Число коров, возобновивших овариальную активность на разных сроках после отела, %

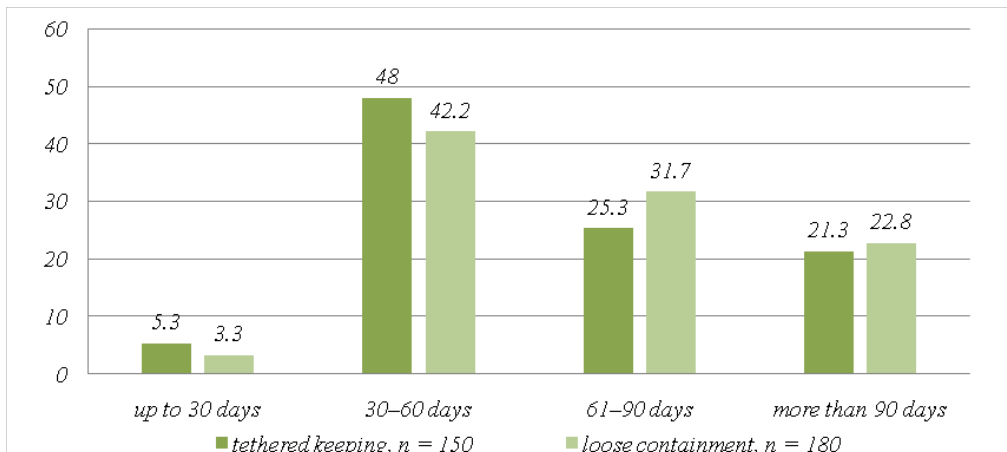


Fig. 1. Percentage of cows resuming ovarian activity at different times after calving

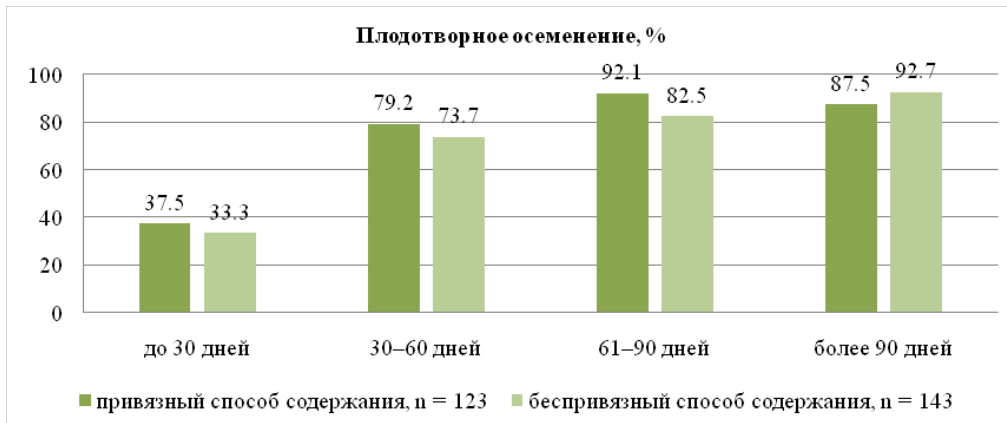


Рис. 2. Результативность осеменения коров в разные сроки после отела при различных способах содержания

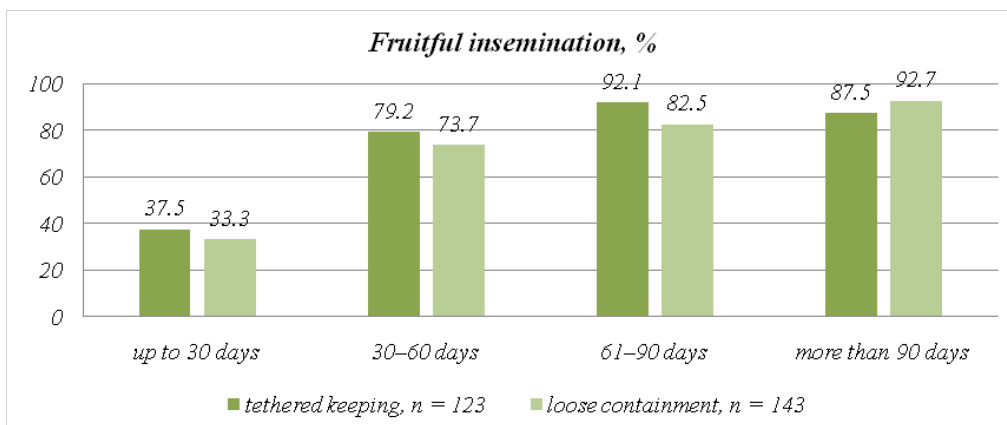


Fig. 2. The effectiveness of insemination of cows at different times after calving with different methods of keeping

Через 2–3 месяца (период 61–90 дней) после отела 25,3 % привязных и 31,7 % беспривязных коров проявили охоту при эффективности осеменения 92,1 и 82,5 % соответственно (рис. 2). За три месяца учета и более после отела из 21,3 % привязных и 22,8 % беспривязных коров, пришедших в охоту, стали стельными соответственно 87,5 и 92,7 %.

Наблюдаются различные тенденции возобновления половой цикличности коров на разных сроках после отела: большинство коров на привязном способе содержания проявило охоту до 30 дней и 30–60 дней после отела, тогда как большинство беспривязных коров – 61–90 и более 90 дней после отела (рис. 1).

Пик плодотворного осеменения наблюдается у привязных коров через 2–3 месяца после отела, у беспривязных – более 3 месяцев (рис. 2).

Таким образом, после отела было плодотворно осеменено более половины стада отелившихся коров: 82 % коров на привязном способе содержания, 79,4 % на беспривязном.

Анализ систематического изучения воспроизводительной функции в послеродовой период показал, что независимо от продуктивности и условий содержания основной причиной задержки наступления охоты и последующего осеменения является неподготовленность половой системы коров к плодonoшению.

Благодаря своевременному проведению лечебных мероприятий повышается срок хозяйственного использования животных. Данный вывод обосновывает дальнейшие исследования по изучению эффективности стимуляции половой цикличности коров разного возраста и способов содержания комплексным применением биорегуляторов гестагенного, гонадотропного действия и простагландинов [16, с. 30; 13].

Для изучения взаимосвязи количества лактаций на стельность молочных коров при привязном ( $n = 210$ ) и беспривязном ( $n = 210$ ) способах содержания применили следующую схему обработки гормональными препаратами: 5,0 мл прогестерона 2,5 % в течение 7 дней, на 8-й день после введения прогестагена в схему включили гонадотропин фоллигон в дозе 1000 МЕ, через 2 дня – 2,0 мл аналога простагландина эстрофана, перед осеменением – 5,0 мл сурфагона.

После фиксации срока проявления первой охоты наблюдали еще на протяжении двух циклов. Гинекологическое обследование, проведенное через неделю после воздействия препаратов, показало, что у всех коров отмечены увеличение генеративной ткани и восстановление размеров яичников, а также наличие растущих и созревающих фолликулов.

В целом применение комплекса биорегуляторов позволяет получать достаточно высокие результаты показателя прихода коров в охоту при разных способах содержания, по разному количеству лактаций признаки половой охоты проявили от 74,3 до 91,4 % привязных животных и от 71,4 до 85,7 % беспривязных от общего их числа (рис. 3). Кроме того, у всех молодых коров с положительной реакцией на стиму-

ляцию охоты наблюдался сравнительно большой разброс в сроках проявления симптомов эструса, часть животных (15 %) вступила в охоту в течение 24 часов, а другая – в промежутке через 48–72 часа после введения им лютеолитического препарата. Сроки наступления половой охоты у коров старшего возраста были смещены на более позднее время, от 48 до 72 часов.

В течение 48 часов – срок, считающийся оптимальным для созревания полноценного фолликула, – проявило охоту наибольшее число опытных коров 2-й лактации, то есть практически все коровы с положительной реакцией на гормональную стимуляцию.

Результаты применения комплекса из прогестерона, гонадотропина, простагландина и рилизинг-гормона находятся во взаимозависимости от возраста коров.

Снижение параметров эффективного оплодотворения (46,7–46,9 %) выявлено после применения на первотелках, что объясняется гормональным преобразованием организма после первого отела и началом 1-й лактации, а также у коров более возрастных групп (51,9–53,8 %) с закономерным ослаблением репродуктивной функции. У коров 3-й и 4-й лактаций в дальнейшем были отмечены наибольшие значения показателя эффективного осеменения, которые составили 69,0–75,0 % коров на привязном содержании и 67,9–71,4% на беспривязном от общего числа осемененных (рис. 3).

Результат стимуляции овариальной активности независимо от возраста был незначительно выше (на 3 %) у коров на привязном способе содержания, чем у беспривязных, что является показателем активизации фолликулярного аппарата яичника животных при любых условиях содержания.

Таким образом, предлагаемая схема индуцирования с применением комбинаций прогестагенов, гонадотропинов, простагландинов позволяет более эффективно преодолеть анэстральное состояние коров в послеотельный период независимо от условий содержания.

### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В результате анализа установлено, что у беспривязных коров удой был больше на 18,2 %, коэффициент молочной продуктивности – на 16,4 %, количество белка – на 4,9 %, молочного жира – на 1,08 %, чем у животных на привязном содержании ( $P > 0,95$ ).

Несмотря на проявление охоты, раннее осеменение после отела не имеет какой-либо прерогативы по сравнению с более поздним сроком осеменения независимо от способов содержания. Хорошие показатели оплодотворения (92,1 %) у коров на привязном способе содержания, которые до осеменения имеют три нормальных половых цикла. Коровы на беспривязном способе содержания показали наибольший процент стельности (92,7 %) за три месяца учета и более после отела.

Направленная инициация циклической активности яичников в послеотельный период позволяет по-

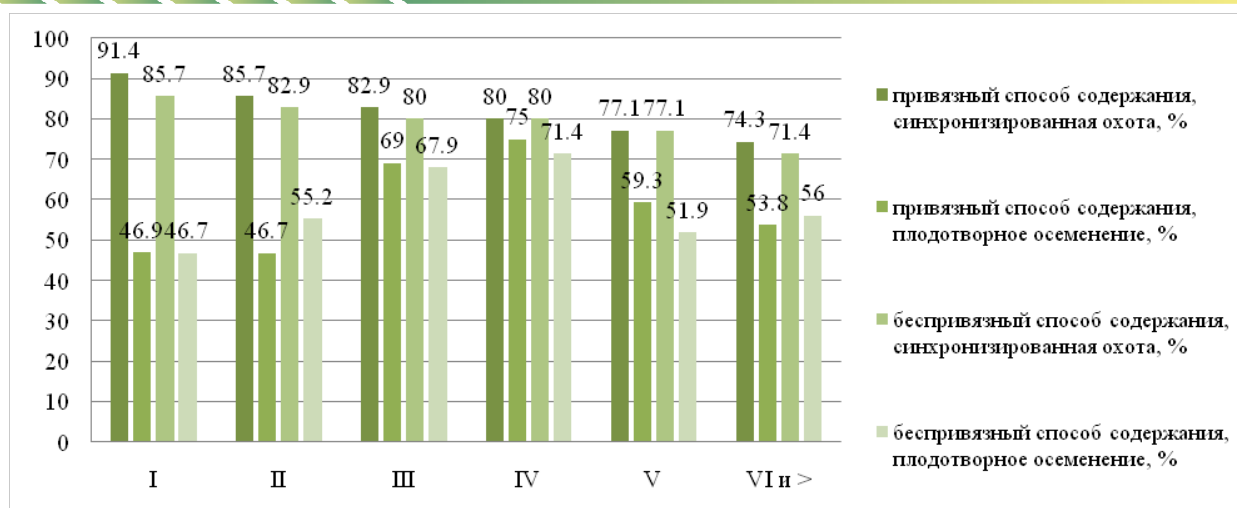


Рис. 3. Результат взаимосвязи стимуляции охоты и количества лактаций при привязном (n = 210) и беспривязном (n = 210) способах содержания коров

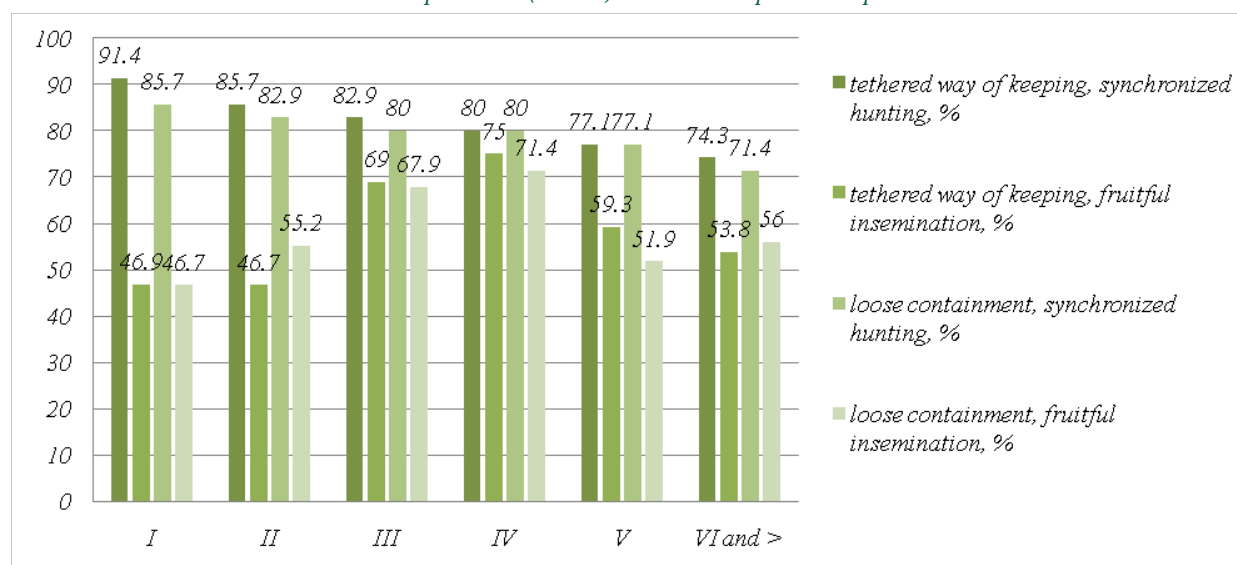


Fig. 3. The result of hunting stimulation in cows depending on the number of lactations with tethered (n = 210) and loose (n = 210) housing methods

лучить число случаев эффективного осеменения до 69,0–75,0 % у привязных коров и 67,9–71,4 % у беспривязных от общего числа осемененных.

В целом применение комплекса биорегуляторов на любом этапе полового цикла коров и независимо от

условий содержания позволяет получать достаточно высокие результаты стимуляции охоты, что является показателем активизации фолликулярного аппарата яичника и нормализации гипоталамо-гипофизарной системы животных.

### Библиографический список

1. Гаджиев А. М., Черновол Ю. Н., Усачев В. В. Продуктивность коров в зависимости от способа содержания и выполнения технологических операций // Вестник ВНИИМЖ. 2019. № 2 (34). С. 100–105.
2. Шкуратова И. А., Соколова О. В., Ряпосова М. В., Донник И. М., Лоретц О. Г., Барашкин М. И. Оценка биоресурсного потенциала высокопродуктивных коров при разных технологиях содержания // Аграрный вестник Урала. 2012. № 1 (93). С. 33–34.
3. Kerslake J. I., Amer P. R., O'Neill P. L., Wong S. L., Roche J. R., Phyn C.V.C. Economic costs of recorded reasons for cow mortality and culling in a pasture-based dairy industry // Journal of Dairy Science. 2018. Vol. 101. No. 2. Pp. 1795–1803.
4. Кулакова Т. В., Ефимова Л. В., Иванова О. В. Влияние способов содержания на молочную продуктивность и воспроизводительную способность коров // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 8 (154). С. 127–132.
5. Стрекозов Н. И., Сивкин Н. В., Чинаров В. И., Баутина О. В. Оценка молочных пород по воспроизводительным и адаптационным способностям // Зоотехния. 2017. № 7. С. 2–6.

6. Цой Ю. А., Баишева Р. А., Танифа В. В., Лукичев В. Л., Алексеев А. А. Ретроспективный анализ и сравнительная оценка беспривязного и привязного содержания коров. Мифы и реалии // Вестник ВНИИМЖ. 2018. № 3 (31). С. 37–43.
7. Зайцева О. В., Лефлер Т. Ф., Курзюкова Т. А. Эффективность производства молока при разных способах содержания коров // Вестник КрасГАУ. 2019. № 4 (145). С. 67–74.
8. Горелик О. В., Харлап С. Ю. Молочная продуктивность коров в зависимости от условий содержания // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 54. С. 86–91.
9. Qin X., Yang Sh., Zhang Y., Li L., Li P., Long M., Guo Y. Effects of non-esterified fatty acids on relative abundance of prostaglandin E2 and F2 $\alpha$  synthesis-related mRNA transcripts and protein in endometrial cells of cattle in vitro // Animal Reproduction Science. 2020. Vol. 221. Article number 106549. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2020.106549.
10. Насибов Ф. Н. Биологические основы разработки биотехнических методов интенсификации репродуктивной функции молочных коров и их физиологическое обоснование: дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.13. Троицк, 2009. 312 с.
11. Currin L., Michalovic L., Bellefleur A., Gutierrez K., Glanzner W., Schuermann Y., Bordignon V. The effect of age and length of gonadotropin stimulation on the in vitro embryo development of Holstein calf oocytes // Theriogenology. 2017. No. 104. Pp. 87–93. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2017.08.011.
12. Панкратова А. В., Насибов Ш. Н., Шириев В. М., Аминова А. Л., Рамеев Т. В. Индикация половой охоты и времени осеменения молочных коров // Продовольственная безопасность в контексте новых идей и решений: материалы международной научно-практической конференции. Семей (Казахстан), 2017. Т. 2. С. 442–445.
13. Pankratova A. V., Aminova A. L., Kozurev S. G., Al-Azawi Nagham M. H. Role of reproductive hormones in ovarian pathology in cows // Plant Archives. 2019. Т. 19. Pp. 24–30.
14. Changqi F., Wei M., Ruifeng G., et al. Prostaglandin F-2 alpha-PTGFR signaling promotes proliferation of endometrial epithelial cells of cattle through cell cycle regulation // Animal Reproduction Science. 2020. Vol. 213. Article number 106276.
15. Аминова А. Л., Панкратова А. В., Солодовникова Е. С., Тяпугин Е. А. Избранные аспекты технологии трансплантации эмбрионов КРС. Уфа, 2019. 175 с.
16. Аминова А. Л., Юмагузин И. Ф., Фенченко Н. Г., Хайруллина Н. И., Шамсутдинов Д. Х. Репродуктивный статус коров в зависимости от продуктивности и количества лактаций // Молочное и мясное скотоводство. 2019. № 6. С. 29–31. DOI: 10.33943/MMS.2019.6.39674.
17. Юмагузин И. Ф., Аминова А. Л., Валитов Ф. Р. Продолжительность хозяйственного использования коров в зависимости от уровня молочной продуктивности за первую лактацию // Известия Уфимского научного центра РАН. 2018. № 3 (6). С. 80–82.
18. Ефимова Л. В., Кулакова Т. В. Влияние различных способов содержания на воспроизводительную способность коров // Эколого-биологические проблемы использования природных ресурсов в сельском хозяйстве: сборник научных трудов. Екатеринбург, 2017. С. 194–197.

**Об авторах:**

Альбина Ленаровна Аминова<sup>1</sup>, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0003-2738-4692, AuthorID 829970; +7 917 440-01-00, [albina\\_ufa@list.ru](mailto:albina_ufa@list.ru)

<sup>1</sup> Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

## Dairy productivity and reproductive capacity of cows with different methods of maintenance

A. L. Aminova<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Bashkir Research Institute of Agriculture, Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

✉E-mail: [albina\\_ufa@list.ru](mailto:albina_ufa@list.ru)

**Abstract.** The conditions of keeping cattle should meet the biological requirements of the animal body as much as possible and contribute to the fullest realization of their genetic potential. In this regard, the study of the influence of housing conditions on the productive qualities and reproductive ability of cows is an actual, scientifically based research area. **The aim** of the study is a comparative assessment of tethered and non-tethered content in the study of the reproductive capacity and the level of milk productivity of black-and-white cows in the postpartum period. **Methods.** The results of the work are based on analytical, biometric, statistical methods and the authors' own research. **Results.** In their studies, they found that the highest indicators for most parameters of milk productivity were cows with loose

content: milk yield – by 1153.3 kg (or 18.2 %), milk yield coefficient – by 198.7 kg (or 16.4 %), the amount of milk fat – by 2.7 kg (or 1.08 %), protein – by 9.7 kg (or 4.9 %) ( $P > 0.95$ ) more in comparison with cows with tied content. Despite the manifestation of hunting, early insemination does not have any advantages over insemination at a later time, regardless of the methods of maintenance. Cows on the tethered method of keeping, which pass through three normal sexual cycles before insemination, have good fertilization rates (92.1 %). Cows on the loose method of keeping showed the highest percentage of pregnancy (92.7 %) for three months of accounting and more after calving. In general, the use of a complex of bioregulators allows you to get fairly high results of stimulating hunting, regardless of age and conditions of detention, which is an indicator of the activation of the ovarian follicular apparatus and the normalization of the hypothalamic-pituitary system of animals. **The scientific novelty** lies in the fact that the indicators of productivity and effectiveness of insemination of cows at different times after calving and on the number of lactation, depending on the tethered or non-tethered methods of maintenance, are established.

**Keywords:** lactating cows, tethered method of keeping, non-tethered method of keeping, milk productivity, ovarian cycle, treatment, reproductive function, hunting, pregnancy.

**For citation:** Aminova A. L. Molochnaya produktivnost' i vosproizvoditel'naya sposobnost' korov pri razlichnykh sposobakh soderzhaniya [Dairy productivity and reproductive capacity of cows with different methods of maintenance] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 01 (216). Pp. 47–55. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-47-55. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 02.03.2021, **date of review:** 18.05.2021, **date of acceptance:** 27.09.2021.

### References

- Gadzhiev A. M., Chernovol Yu. N., Usachev V.V. Produktivnost' korov v zavisimosti ot sposoba soderzhaniya i vypolneniya tekhnologicheskikh operatsiy [The productivity of cows depending on the method of keeping and performing technological operations] // Journal of VNIIMZN. 2019. No. 2 (34). Pp. 100–105. (In Russian.)
- Shkuratova I. A., Sokolova O. V., Ryaposova M. V., Donnik I. M., Loretts O. G., Barashkin M. I. Otsenka biosurnogo potentsiala vysokoproduktivnykh korov pri raznykh tekhnologiyakh soderzhaniya [Evaluation of the bioresource potential of highly productive cows at different technologies of maintenance] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2012. No. 1 (93). Pp. 33–34. (In Russian.)
- Kerslake J. I., Amer P. R., O'Neill P. L., Wong S. L., Roche J. R., Phyn C.V.C. Economic costs of recorded reasons for cow mortality and culling in a pasture-based dairy industry // Journal of Dairy Science. 2018. Vol. 101. No. 2. Pp. 1795–1803.
- Kulakova T. V., Efimova L. V., Ivanova O. V. Vliyaniye sposobov soderzhaniya na molochnyuyu produktivnost' i vosproizvoditel'nuyu sposobnost' korov [Influence of maintenance methods on milk productivity and reproductive ability of cows] // Bulletin of Altai State Agricultural University. 2017. No. 8 (154). Pp. 127–132. (In Russian.)
- Strekozov N. I., Sivkin N. V., Chinarov V. I., Bautina O. V. Otsenka molochnykh porod po vosproizvoditel'nym i adaptatsionnym sposobnostyam [Assessment of dairy breeds for reproductive and adaptive abilities] // Zootechniya. 2017. No. 7. Pp. 2–6. (In Russian.)
- Tsoy Yu. A., Baisheva R. A., Tanifa V. V., Lukichev V. L., Alekseyev A. A. Retrospektivnyy analiz i sravnitel'naya otsenka besprivyaznogo i privyaznogo soderzhaniya korov. Mify i realii [Retrospective analysis and comparative assessment of loose and tethered keeping of cows. Myths and realities] // Journal of VNIIMZN. 2018. No. 3 (31). Pp. 37–43. (In Russian.)
- Zaytseva O. V., Lefler T. F., Kurzyukova T. A. Effektivnost' proizvodstva moloka pri raznykh sposobakh soderzhaniya korov [Efficiency of milk production with different ways of keeping cows] // The Bulletin of KrasGAU. 2019. No. 4 (145). Pp. 67–74. (In Russian.)
- Gorelik O. V., Kharlap S. Yu. Molochnaya produktivnost' korov v zavisimosti ot usloviy soderzhaniya [Milk productivity of cows depending on the conditions of keeping] // Bulletin of the St. Petersburg State Agrarian University. 2019. No. 54. Pp. 86–91. (In Russian.)
- Qin X., Yang Sh., Zhang Y., Li L., Li P., Long M., Guo Y. Effects of non-esterified fatty acids on relative abundance of prostaglandin E2 and F2 $\alpha$  synthesis-related mRNA transcripts and protein in endometrial cells of cattle in vitro // Animal Reproduction Science. 2020. Vol. 221. Article number 106549. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2020.106549.
- Nasibov F. N. Biologicheskiye osnovy razrabotki biotekhnicheskikh metodov intensivifikatsii reproduktivnoy funktsii molochnykh korov i ikh fiziologicheskoye obosnovaniye: dis. ... d-ra biol. nauk: 03.00.13 [Biological bases of development of biotechnical methods of intensification of reproductive function of dairy cows and their physiological substantiation: dissertation ... doctor of biological sciences: 03.00.13]. Troitsk, 2009. 312 p. (In Russian.)
- Currin L., Michalovic L., Bellefleur A., Gutierrez K., Glanzner W., Schuermann Y., Bordignon V. The effect of age and length of gonadotropin stimulation on the in vitro embryo development of Holstein calf oocytes // Theriogenology. 2017. No. 104. Pp. 87–93. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2017.08.011.



12. Pankratova A. V., Nasibov Sh. N., Shiriyev V. M., Aminova A. L., Rameyev T. V. Indikatsiya polovoy okhoty i vremeni osemneniya molochnykh korov [Indication of sexual inclination and time of insemination for dairy cows] // Prodovol'stvennaya bezopasnost' v kontekste novykh idey i resheniy: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Semey (Kazakhstan), 2017. T. 2. Pp. 442–445. (In Russian.)
13. Pankratova A. V., Aminova A. L., Kozyrev S. G., Al-Azawi Nagham M. H. Role of reproductive hormones in ovarian pathology in cows // Plant Archives. 2019. T. 19. Pp. 24–30.
14. Changqi F., Wei M., Ruifeng G., et al. Prostaglandin F-2 alpha-PTGFR signaling promotes proliferation of endometrial epithelial cells of cattle through cell cycle regulation // Animal Reproduction Science. 2020. Vol. 213. Article number 106276.
15. Aminova A. L., Pankratova A. V., Solodovnikova E. S., Tyapugin E. A. Izbrannyye aspekty tekhnologii transplantatsii embrionov KRS [Selected aspects of cattle embryo transplantation technology]. Ufa, 2019. 175 p. (In Russian.)
16. Aminova A. L., Yumaguzin I. F., Fenchenko N. G., Khayrullina N. I., Shamsutdinov D. Kh. Reproktivnyy status korov v zavisimosti ot produktivnosti i kolichstva laktatsiy [Reproductive status of cows depending on productivity and number of lactations] // Journal of Dairy and Beef Cattle Farming. 2019. No. 6. Pp. 29–31. DOI: 10.33943/MMS.2019.6.39674. (In Russian.)
17. Yumaguzin I. F., Aminova A. L., Valitov F. R. Prodolzhitel'nost' khozyaystvennogo ispol'zovaniya korov v zavisimosti ot urovnya molochnoy produktivnosti za pervuyu laktatsiyu [Duration of economic use of cows depending on the level of milk productivity for the first lactation] // Proceedings of the RAS Ufa Scientific Centre. 2018. No. 3 (6). Pp. 80–82. (In Russian.)
18. Efimova L. V., Kulakova T. V. Vliyaniye razlichnykh sposobov sodержaniya na vosproizvoditel'nyuyu sposobnost' korov [The influence of different methods of keeping on the reproductive ability of cows] // Ekologo-biologicheskkiye problemy ispol'zovaniya prirodnykh resursov v sel'skom khozyaystve: sbornik nauchnykh trudov. Ekaterinburg, 2017. Pp. 194–197. (In Russian.)

**Authors' information:**

Albina L. Aminova<sup>1</sup>, candidate of biological sciences, senior researcher, ORCID 0000-0003-2738-4692, AuthorID 829970; +7 917 440-01-00, [albina\\_ufa@list.ru](mailto:albina_ufa@list.ru)

<sup>1</sup> Bashkir Research Institute of Agriculture, Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

## Оценка межвидовых гибридов смородины черной в Якутии

Н. С. Габышева<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М. Г. Сафронова – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Якутск, Россия

✉ E-mail: nataligabysheva@mail.ru

**Аннотация.** Приведены результаты изучения межвидовых гибридов смородины черной, созданных в Центральной Якутии методом отдаленной гибридизации. Для выведения новых адаптированных сортов были проведены скрещивания шести урожайных, крупноплодных и устойчивых к мучнистой росе алтайских сортов с местными сортами, в основу которых входят следующие виды смородины: *R. dikuscha* Fisch. ex Turcz., *Ribes pausiflorum* Turcz. ex Rojark. и *R. procumbens* Pall. **Цель** исследований – оценить межвидовые гибриды смородины черной и выделить перспективные формы для условий Центральной Якутии. **Задачи:** изучить устойчивость гибридов смородины черной к зимним повреждениям, мучнистой росе и почковому клещу; выявить урожайные формы; выделить источники положительных признаков и ценные перспективные формы. **Методы.** Работа проведена согласно программе и методике сортоизучения и селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Гибриды оценивались в полевых условиях на естественном фоне. **Научная новизна.** Будут выделены новые источники хозяйственно ценных признаков и перспективные гибриды для селекции смородины черной в условиях Якутии. **Результаты.** В результате изучения гибридов смородины черной было отобрано 13 источников зимостойкости, 5 – урожайности. Высокий выход иммунных к мучнистой росе гибридов наблюдался в 4 семьях, к почковому клещу – в 5 семьях. Выделенные источники ценных признаков и комбинации скрещивания в дальнейшем будут использованы в работе по смородине черной для создания нового селекционного материала. По комплексу признаков отличились две перспективные формы смородины черной: 1-12-13 (Алтайская поздняя × Памяти Кындыла) и 2-9-13 (Подарок Кузиору × Хара Кыталык). Они представляют интерес для практической селекции и будут изучены.

**Ключевые слова:** ягодоводство, селекция, смородина черная, межвидовые гибриды, зимостойкость, мучнистая роса, почковый клещ, урожайность.

**Для цитирования:** Габышева Н. С. Оценка межвидовых гибридов смородины черной в Якутии // Аграрный вестник Урала. 2022. № 01 (216). С. 56–65. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-56-65.

**Дата поступления статьи:** 09.11.2021, **дата рецензирования:** 26.11.2021, **дата принятия:** 06.12.2021.

### Постановка проблемы (Introduction)

В настоящее время основным методом выведения новых сортов смородины черной с улучшенными хозяйственно полезными свойствами остается отдаленная межвидовая гибридизация с привлечением вида дикуша и форм сибирского и европейского подвидов [1, с. 35; 2, с. 213].

Использование дикорастущих видов в селекции дает возможность получить принципиально новые генотипы, которые пополняют генофонд культурных растений [3, с. 47]. Именно у природных видов и форм смородины выявлены такие качества, как рекордная урожайность, устойчивость к грибным болезням и почковому клещу, морозостойкость, крупноплодность, позднее цветение, разнообразие вкуса плодов и биохимического состава и др. [2, с. 210]. Путем использования мичуринского метода отдаленной многоступенчатой гибридизации с вовлечением в селекцию

дикорастущих зимостойких видов и их потомков созданы Алтайские сорта яблони и смородины [4, с. 103].

Результативность направленной селекции новых сортов ягодных культур с признаками, отвечающими современным технологиям возделывания и потребителю спросу, зависит от включения в скрещивания доноров и источников с выраженными хозяйственно ценными признаками [5, с. 358].

Несмотря на достигнутые успехи отечественных селекционных школ, стремительное развитие современных технологий возделывания, изменение экологической обстановки и постоянная эволюция вредителей и болезней требуют дальнейшего совершенствования сортимента [6, с. 416].

Требования к сортам постоянно растут. Необходимость улучшения сортимента обязывает селекционеров постоянно вести поиск новых источников и доноров хозяйственно ценных признаков, в том числе

устойчивости смородины к основным болезням (мучнистая роса), вредителям (галловая тля, почковый клещ) [7, с. 25].

Якутские сорта смородины черной, ранее созданные в Якутском НИИ сельского хозяйства, в связи с изменяющимися условиями среды и появлением новых болезней, вредителей стали поражаться в различной степени американской мучнистой росой, некоторые повреждаются почковым клещом. Это сказывается на иммунитете растений и, в свою очередь, на снижении урожайности.

В связи с этим актуальным является изучение нового селекционного материала смородины черной, полученного методом межвидовой гибридизации, для отбора и в дальнейшем на его основе совершенствования имеющегося сортимента в условиях Якутии.

На территории Якутии естественно произрастают виды *R. pauciflorum* Turcz. ex Pojark., *R. fragrans* Pall., *R. procumbens* Pall., *R. dikuscha* Fisch. ex Turcz., *R. nigrum* spp. *sibiricum* E. Wolf., *Ribes glabellum* Hedl., *R. palczewskii* (Jancz.), *R. triste* Pall. [8, с. 22–23].

Из них в селекцию смородины черной с целью создания новых адаптированных и урожайных сортов нами были вовлечены местные сорта, в основу

которых входят виды *R. pauciflorum* Turcz. ex Pojark., *R. procumbens* Pall., *R. dikuscha* Fisch. ex Turcz., и сорта селекции НИИСС им. М. А. Лисавенко, содержащие ценный генетический материал потомков двух видов – *R. nigrum* (сибирского, европейского и скандинавского подвидов) и *R. dikuscha* [9].

Цель исследований – оценить межвидовые гибриды смородины черной и выделить перспективные формы для условий Центральной Якутии. Задачи: изучить устойчивость гибридов смородины черной к зимним повреждениям, мучнистой росе и почковому клещу; выявить урожайные формы; выделить источники положительных признаков и ценные перспективные формы.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Исследования велись в Центральной Якутии в Якутском НИИ сельского хозяйства им. М. Г. Сафронова в лаборатории ягодных культур в 2018–2020 гг. Опытный участок находится в г. Покровске Хангаласского улуса. Объектами исследований служили межвидовые гибриды смородины черной, которые были разделены нами на 5 генетических групп по происхождению (таблица 1).

Таблица 1  
Генетические группы межвидовых гибридов смородины черной

Группа	Гибрид	Генетическая группа
1	Лама × Хара Кыталык	ESP
2	Лама × Памяти Кындыла; Геркулес × Якутская	ESDPr
3	Алтайская поздняя × Хара Кыталык; Шаровидная × Хара Кыталык	ESSkP
4	Алтайская поздняя × Якутская; Алтайская поздняя × Памяти Кындыла; Подарок Кузиору × Памяти Кындыла; Ника × Якутская; Шаровидная × Памяти Кындыла	ESSkDPr
5	Подарок Кузиору × Хара Кыталык; Подарок Кузиору × Люция; Алтайская поздняя × Люция; Ника × Хара Кыталык; Ника × Люция	ESSkDP

Примечание. E – *R. nigrum* ssp. *europaeum* Jancz.; S – *R. nigrum* ssp. *sibiricum* (Egb. Wolf) Pavl.); P – *R. pauciflorum* Turcz. ex Pojark.; D – *R. dikuscha* Fisch. ex Turcz.; Sk – *R. nigrum* ssp. *scandicum* Hedl.); Pr – *R. procumbens* Pall.

Table 1  
Genetic groups of interspecific black currant hybrids

Group	Hybrid	Genetic group
1	Lama × Khara Kytalyk	ESP
2	Lama × Pamyati Kyndyla; Gerkules × Yakutskaya	ESDPr
3	Altayskaya pozdnyaya × Khara Kytalyk; Sharovidnaya × Khara Kytalyk	ESSkP
4	Altayskaya pozdnyaya × Yakutskaya; Altayskaya pozdnyaya × Pamyati Kyndyla; Podarok Kuzioru × Pamyati Kyndyla; Nika × Yakutskaya; Sharovidnaya × Pamyati Kyndyla	ESSkDPr
5	Podarok Kuzioru × Khara Kytalyk; Podarok Kuzioru × Lyutsiya; Altayskaya pozdnyaya × Lyutsiya; Nika × Khara Kytalyk; Nika × Lyutsiya	ESSkDP

Note. E – *R. nigrum* ssp. *europaeum* Jancz.; S – *R. nigrum* ssp. *sibiricum* (Egb. Wolf) Pavl.); P – *R. pauciflorum* Turcz. ex Pojark.; D – *R. dikuscha* Fisch. ex Turcz.; Sk – *R. nigrum* ssp. *scandicum* Hedl.); Pr – *R. procumbens* Pall.

Растения были посажены в селекционный питомник в 2013 г. по схеме 2 × 1 м. Почва мерзлотно-таежная палевая, имеет низкий плодородный слой, щелочную реакцию, невысокое содержание подвижных форм азота, фосфора и калия. По механическому составу среднесуглинистая.

Якутия – крупнейший регион России, расположенный на северо-востоке Сибири. Природно-климатические условия региона характеризуются резко континентальным климатом, большой амплитудой колебания годовой, сезонной и суточной температуры воздуха, засушливым климатом, коротким вегетационным периодом, наличием многолетнемерзлых пород и мерзлотно-таежных почв с низким плодородием. Сумма активных температур (свыше +10 °С) составляет 1355–1460 °С, безморозный период – 64–88 дней, сумма осадков в среднем за год – 250 мм. Гидротермический коэффициент в пределах 0,5–0,7 [10, с. 5].

Средняя годовая температура воздуха в Центральной Якутии составляет –10,2 °С. Наиболее холодным месяцем является январь со среднемесячной температурой воздуха –42,1 °С. Средняя месячная температура июля составляет +18,9 °С. Абсолютный минимум температуры воздуха равен –64,4 °С, а абсолютный максимум составляет +38,3 °С. Снежный покров держится в течение 7 месяцев. Устойчивый снежный покров образуется в конце октября – начале ноября. Средние амплитуды воздуха в Якутске равны 62 °С, а абсолютные – 100 °С и больше [11, с. 148].

По данным Покровской метеостанции, погодные условия во время проведения исследований имели небольшие различия по температурному режиму, а также значительные – по степени и периоду увлажненности по сравнению со средними многолетними данными (рис. 1).

В мае, июне и июле в годы наблюдений было теплее на 0,1–3,3 °С. В 2018 и 2019 гг. количество осадков выпало на уровне нормы, но распределение их было неравномерным в течение сезона. Засушливостью отличился 2020 г., гидротермический коэффициент (ГТК) которого составил 0,6. За сезон выпало всего 106 мм осадков при норме 170 мм. Осень 2018 и 2020 гг. была теплой, сухой и продолжительной, а 2019 г. – прохладной и дождливой.

Зима 2017/2018 гг. отличалась низкими среднемесячными температурами воздуха, хотя минимальная температура во все зимние месяцы не опускалась ниже –50 °С, и малой высотой снежного покрова в самый холодный период (рис. 2). Так, высота снежного покрова в ноябре составила всего 9,5 см, а в январе – 14,6 см.

Зима 2018/2019 гг. была сравнительно теплой и малоснежной. Морозов ниже –50,0 °С во все зимние месяцы не отмечалось. В январе высота снежного покрова была на уровне 27,6 см, что характерно для нашего региона.

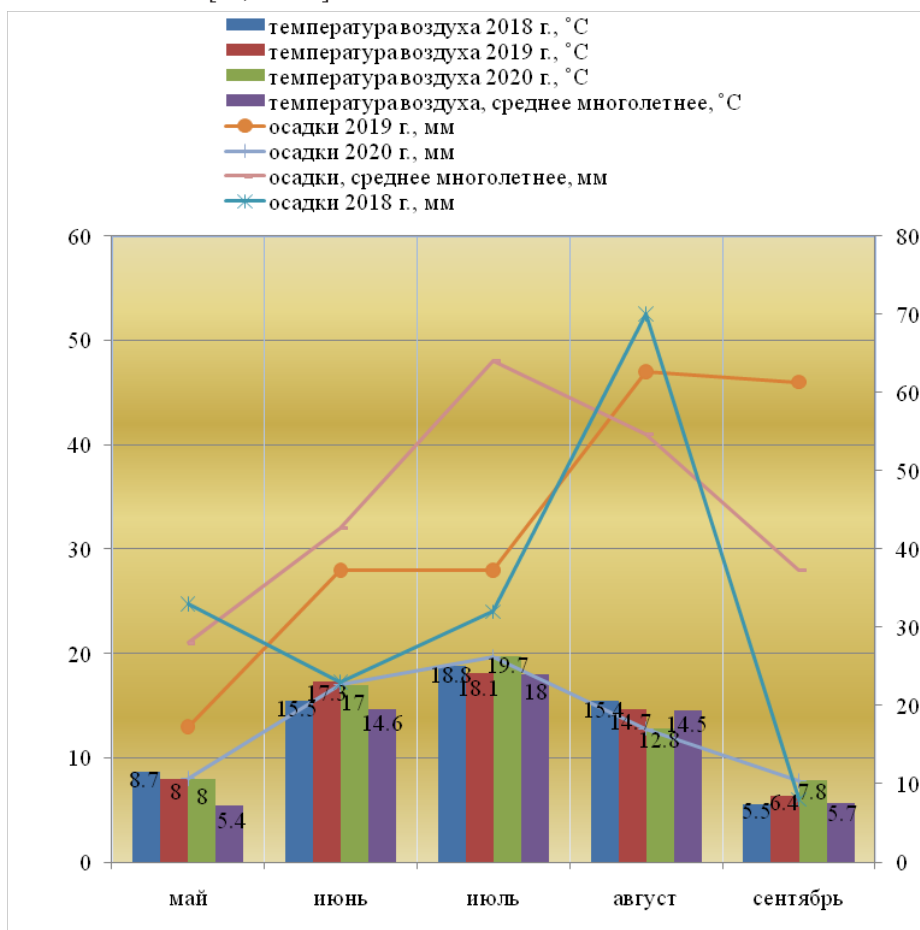


Рис. 1. Погодные условия в период исследований, г. Покровск, 2018–2020 гг.

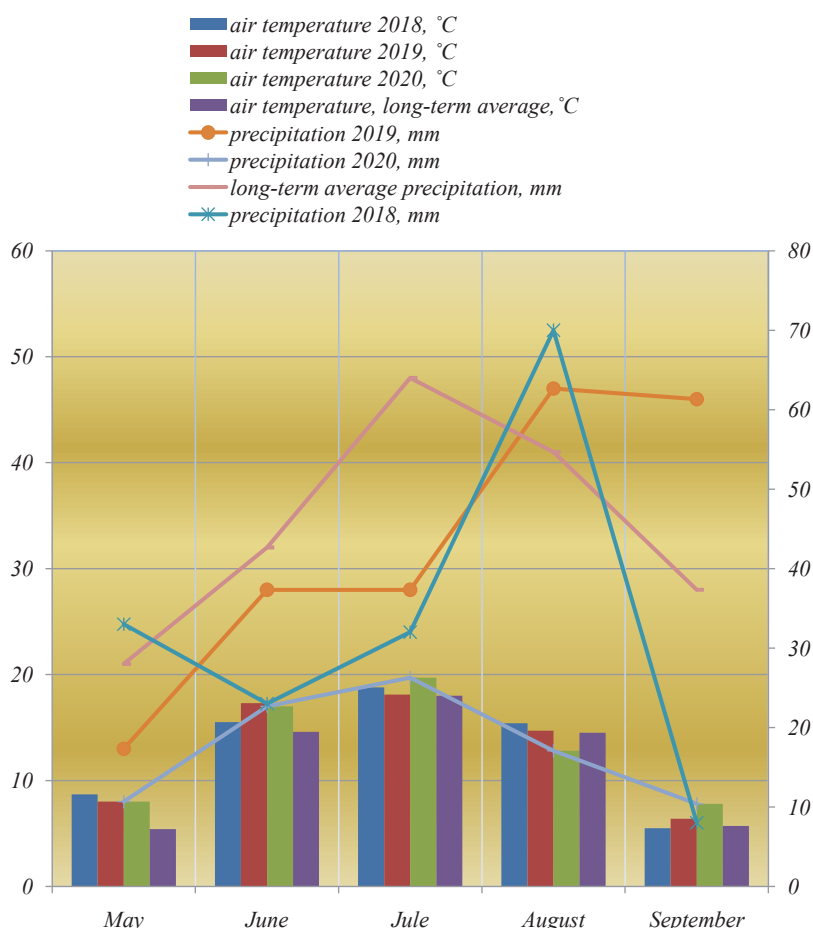


Fig. 1. Weather conditions during the research period, Pokrovsk, 2018–2020

Зимний период 2019/2020 гг. можно охарактеризовать как теплый, среднемесячная температура воздуха в январе составляла всего  $-31,8$  °C, тогда как минимальная опускалась до  $-50,5$  °C. Обилие снега (37,1 см) благоприятно сказалось на перезимовке растений.

Работа проведена согласно методическим руководствам [12, с. 334–338; 13, с. 352–355, 359–363].

Степень подмерзания ветвей гибридов черной смородины учитывали весной в полевых условиях после распускания листьев в баллах: 0 – признаков подмерзания нет; 1 – очень слабое подмерзание: подмерзло не более 1/4 длины однолетних приростов (более сильное подмерзание единичных побегов); 2 – слабое подмерзание: подмерзли однолетние побеги более сильно, возможно вымерзание единичных ветвей старшего возраста; 3 – среднее подмерзание; подмерзли двухлетние и отдельные многолетние ветви; 4 – сильное подмерзание: вымерзла большая часть многолетних ветвей куста; 5 – полное вымерзание надземной части, отрастания нет.

Степень поражения растений американской мучнистой росой проводили в период наиболее сильного проявления болезни на естественном инфекционном фоне покусно в баллах: 0 – поражения нет; 1 – поражение очень слабое (поражены единичные листья); 2 – слабое (до 25 % листьев); 3 – среднее (до 50 %); 4 – сильное (до 70 %); 5 – очень сильное (более 70 % листьев).

Степень поражения кустов почковым клещом оценивали весной перед распусканием почек, в баллах: 0 – признаков повреждения нет; 1 – поражение очень слабое (единичные почки); 2 – слабое (до 10 % почек); 3 – среднее (до 30 %); 4 – сильное (до 50 %) и 5 – очень сильное (более 50 %) [13, с. 352–363].

Степень цветения и степень плодоношения куста определяли в баллах: 0 – нет цветения (плодоношения); 1 – единичные цветки (ягоды); 2 – цветение (ягоды) на верхушках побегов; 3 – цветение (плодоношение) на 1/2 длины побега; 4 – цветение (плодоношение) на 3/4 длины побега; 5 – цветение (плодоношение) по всей длине и на всех побегах [12, с. 330]. Учет урожая с растений вели путем взвешивания собранных ягод с каждого куста. Математическую обработку данных проводили с использованием компьютерной программы Microsoft Excel.

### Результаты (Results)

Для смородины черной важным условием является благоприятно и без подмерзания ветвей перезимовать в условиях низких температур и невысоком снежном покрове до 30–40 см. Зимостойкость – один из важнейших показателей, характеризующий степень приспособленности сорта к условиям возделывания [14, с. 78]. Это основной критерий отбора для успешного выращивания ягодных культур и получения гарантированного урожая ягод в суровых условиях Якутии.

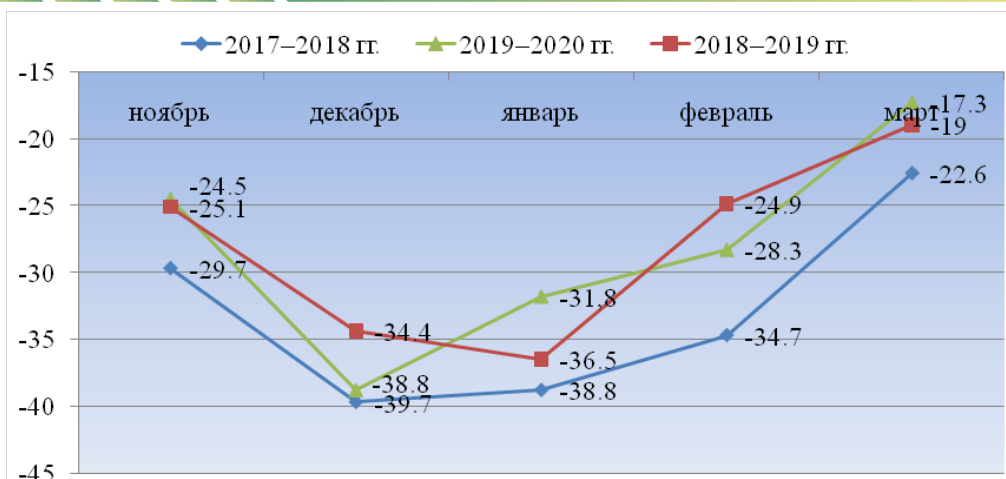


Рис. 2. Среднемесячная температура воздуха в зимний период 2017–2020 гг. в Центральной Якутии, г. Покровск, °С

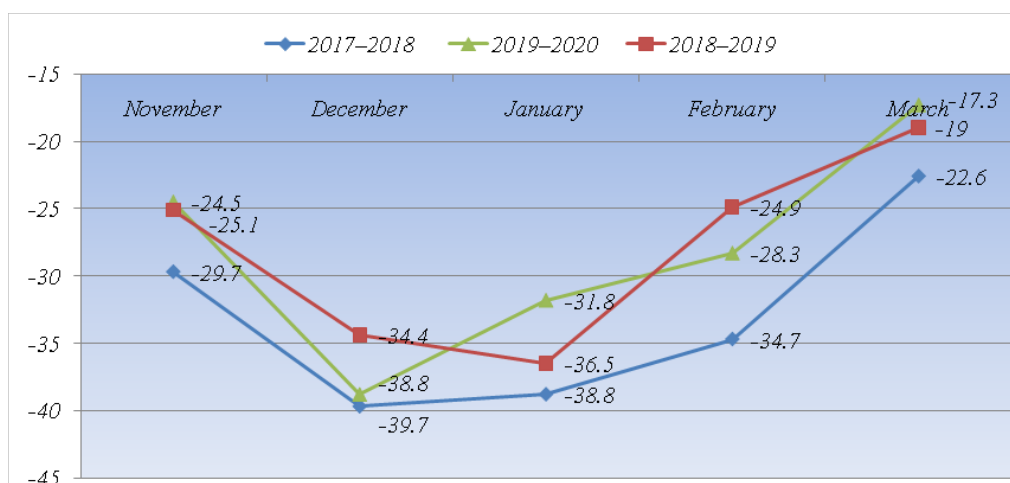


Fig. 2. Average monthly air temperature in winter 2017–2020 in Central Yakutia, Pokrovsk, °C

За годы изучения почти все гибридные формы смородины черной перенесли зимы без значительных подмерзаний ветвей. Благоприятные условия для перезимовки растений сложились в зимы 2018/2019 и 2019/2020 гг. После учета весной в эти годы на побегах большинства гибридов не было замечено зимних повреждений. Сильнее (на 2 балла) побеги подмерзли у 11 образцов после малоснежной зимы 2017/2018 гг., когда во все зимние месяцы среднемесячная температура была ниже по сравнению с последующими годами исследования. Так, температура января опускалась до  $-49,7$  °С, тогда как высота снежного покрова составляла всего 14,6 см.

Низкой зимостойкостью отличились гибридные формы 5-14-13 в семье Геркулес × Якутская – с максимальным баллом подмерзания ветвей (4) после зимы 2019/2020 гг. и средним баллом 2,7 и 4-4-13 в семье Подарок Кузиору × Люция с баллами 3 и 1,7 соответственно. Между признаками зимостойкости и продуктивности растений установлена обратная отрицательная слабая зависимость ( $r = -0,112$ ).

В результате наблюдений и анализа учета подмерзания ветвей смородины черной нами были выделены высокозимостойкие сортаобразцы (с баллом 0): в семьях Подарок Кузиору × Хара Кыталык – 1-18-13, 2-2-13, 2-4-13, 2-5-13, 2-6-13, 2-8-13, 2-15-13, 2-16-13,

2-17-13, Подарок Кузиору × Люция – 4-6-13 и 4-9-13, Алтайская поздняя × Люция – 1-5-13, Алтайская поздняя × Хара Кыталык – 1-3-13. Все гибридные формы, за исключением 1-3-13 (Алтайская поздняя × Хара Кыталык), по генетическому происхождению относятся к 5 генетической группе (таблица 1). Устойчивость к зимним повреждениям у межвидовых гибридов, вероятно, можно объяснить присутствием в генотипе двух зимостойких и адаптированных видов – смородины дикуши и малоцветковой, – которые приспособлены к суровым условиям Крайнего Севера и способны переносить низкие температуры до  $-60$  °С.

Устойчивость к биотическим факторам окружающей среды является одним из основных требований, предъявляемых к сорту. От уровня устойчивости к болезням и вредителям зависит продуктивность сорта и рентабельность его выращивания, экологическая безопасность продукции, снижение пестицидной нагрузки на окружающую среду [15, с. 39].

Из грибных болезней смородины черной самым распространенным и опасным является американская мучнистая роса [16, с. 73]. Все местные сорта в той или иной степени подвержены данному заболеванию. Наиболее восприимчивы среди местных сортов Якутская и Мюрючана, чуть меньше поражаются со-

рта Люция и Памяти Кындыла. Более устойчивыми являются сорта Эрээни и Хара Кыталык. В связи с этим, создание иммунных сортов смородины черной имеет большое значение в селекции в нашем регионе.

При оценке гибридных форм высокий выход иммунных к мучнистой росе растений наблюдался в семьях Шаровидная × Хара Кыталык и Шаровидная × Памяти Кындыла (100%), Подарок Кузиору Хара Кыталык (96,2%), Подарок Кузиору × Люция (95,0%). В этих комбинациях скрещивания в качестве материнской формы принимали участие устойчивые к мучнистой росе алтайские сорта Шаровидная и Подарок Кузиору. В генотипе этих сортов присутствует *R. nigrum ssp. scandicum* Hedl., который обладает иммунитетом к этому заболеванию. В целом большинство изучаемых растений из общего числа, на которых не проявлялось признаков поражения мучнистой росой в течение трех лет наблюдений, составило 78,9%. У остальных гибридов средний балл заболевания был в пределах от 0,3 до 1. Коэффициент корреляции в среднем по всем сортообразцам между поражаемостью растений мучнистой росой и продуктивностью в нашем случае имел слабую отрицательную зависимость ( $r = -0,133$ ).

Более подвержен мучнистой росе гибрид 1-1-13 в семье Алтайская поздняя × Якутская (максимальный балл поражения – 2, средний – 1,7), где одна из родительских форм (сорт Якутская) является неустойчивой к данному грибному заболеванию.

Среди вредителей смородины черной наибольший вред причиняет смородинный почковый клещ (*Tripyles ribis* Nal.). В настоящее время этот вредитель встречается повсеместно на всей территории России. Примерно на 50% саженцев можно обнаружить от единичных до многочисленных округлых почек, которые скрывают в себе по несколько тысяч взрослых самок, готовых к яйцекладке [17, с. 140].

При анализе учетов поврежденности растений почковым клещом в течение трех лет было отмечено, что во всех семьях с участием алтайского сорта Алтайская поздняя с местными сортами не обнаружено признаков поражения вредителем, что говорит об устойчивости этого сорта. Родительские сорта Якутская и Хара Кыталык также обладают иммунитетом к почковому клещу. Высокий выход устойчивого потомства отмечен также в семье Лама × Хара Кыталык.

Подавляющее большинство устойчивых генотипов смородины черной к почковому клещу получено на основе *Ribes nigrum subsp. europaeum* Jancz. Часть сортов имела в своем происхождении сибирский подвид смородины черной, носитель гена Р устойчивости к почковому клещу. Целый ряд устойчивых к вредителю генотипов был получен с использованием в селекционной работе скандинавского подвида и смородины дикуши [2, с. 212].

Таблица 2  
Характеристика урожайных межвидовых гибридов смородины черной (2018–2020 гг.)

Селекционный номер	Гибридная форма	Подмерзание ветвей, балл	Степень поражения мучнистой росой, балл	Степень повреждения почковым клещом, балл	Урожай, $M \pm m$ , кг/куст
5-17-13	Шаровидная × Памяти Кындыла	1,3	0	1,5	$5,4 \pm 0,7$
5-9-13	Шаровидная × Хара Кыталык	0,3	0	1,0	$3,1 \pm 0,8$
2-9-13	Подарок Кузиору × Хара Кыталык	0,3	0	0	$2,7 \pm 0,6$
3-13-13	Подарок Кузиору × Памяти Кындыла	0,7	0	1,0	$2,6 \pm 1,3$
1-12-13	Алтайская поздняя × Памяти Кындыла	0,3	0	0	$2,6 \pm 1,0$
HCP <sub>05</sub>					3,48

Table 2  
Characteristics of productive interspecific black currant hybrids (2018–2020)

Breeding number	Hybrid form	Freezing of branches, score	Powdery mildew degree, score	The degree of kidney mite damage, score	Yield, $M \pm m$ , kg/bush
5-17-13	Sharovidnaya × Pamyati Kyndyla	1.3	0	1.5	$5.4 \pm 0.7$
5-9-13	Sharovidnaya × Khara Kytalyk	0.3	0	1.0	$3.1 \pm 0.8$
2-9-13	Podarok Kuzioru × Khara Kytalyk	0.3	0	0	$2.7 \pm 0.6$
3-13-13	Podarok Kuzioru × Pamyati Kyndyla	0.7	0	1.0	$2.6 \pm 1.3$
1-12-13	Altayskaya pozdnyaya × Pamyati Kyndyla	0.3	0	0	$2.6 \pm 1.0$
LSD <sub>05</sub>					3.48

По нашим данным, установлено, что семьи с высоким выходом устойчивых гибридных семян относятся к различным группам по генетическому происхождению, но везде присутствуют два подвида смородины черной – европейский и сибирский. В четырех семьях присутствует смородина малоцветковая, в трех – скандинавский подвид смородины черной, в двух – смородина дикуша и в 1 – смородина моховка.

В семьях Ника × Якутская, Геркулес × Якутская, Подарок Кузиору × Люция, Ника × Люция, Шаровидная × Памяти Кындыла, Подарок Кузиору × Памяти Кындыла доля поврежденных почковым клещом гибридов была высокой и составила более 81,8–100 %. При расчете коэффициента корреляции между повреждением растений вредителем и продуктивностью образцов установлена прямая, но слабая незначительная связь ( $r = 0,046$ ).

Высокая урожайность является одним из основных требований, предъявляемых к современным сортам черной смородины [18, с. 60]. Это важнейший хозяйственный показатель ценности сорта. Она в итоге показывает степень соответствия сорта почвенно-климатическим условиям, его устойчивость к наиболее распространенным болезням и вредителям, способность переносить действие экстремально складывающихся (нетипичных) условий среды [19, с. 18].

По степени цветения и плодоношения образцов можно спрогнозировать потенциальную продуктивность. Между степенью цветения и плодоношения в среднем по всем сортообразцам существует значимая корреляционная связь  $r = 0,892$ . Зависимость была положительной в среднем за годы исследований также между степенью цветения и продуктивностью и степенью плодоношения и продуктивностью. Коэффициент корреляции составил соответственно 0,646 и 0,735.

Высокая степень плодоношения более 3,3–3,8 балла отмечена у гибридов 2-9-13, 2-8-13 (Подарок Кузиору × Хара Кыталык) и 1-12-13 (Алтайская поздняя × Памяти Кындыла).

Среди гибридов высоким урожаем с куста за период исследований отличился сортообразец 5-17-13, полученный в семье при скрещивании сортов Шаровидная × Памяти Кындыла (таблица 2).

Максимальный урожай у этого гибрида был получен в 2018 г. на седьмом году жизни – 6,1 кг, в 2019 г. – 5,8, в 2020 г. – 4,4 кг с куста. Четыре гибрида (5-9-13, 3-13-13, 2-9-13 и 1-12-13) сформировали в среднем более 2,5 кг урожая с куста. Выделенные гибридные формы являются источниками высокой урожайности и могут быть использованы в качестве исходной формы в селекции смородины черной.

Урожайные гибридные формы 5-17-13, 3-13-13, 1-12-13 получены с участием в качестве отцовской

формы местного сорта Памяти Кындыла, по происхождению относятся к 4-й генетической группе, в генотипе которых присутствуют дикорастущие формы смородины дикуши и моховки. Две другие урожайные формы относятся к 3 (содержит смородину Малоцветковую) и 5 (смородину дикушу и моховку) группам (таблица 1). Из них по высокоустойчивости к мучнистой росе и почковому клещу с незначительным подмерзанием ветвей выделяются две гибридные формы смородины черной – 2-9-13 и 1-12-13, которые представляют практический интерес для селекции в условиях Якутии.

#### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

1. В результате изучения и оценки межвидовых гибридов смородины черной в условиях Центральной Якутии выделены источники основных хозяйственно ценных признаков – зимостойкости, урожайности, устойчивости к мучнистой росе, почковому клещу и перспективные формы для селекционной работы по улучшению сортимента культуры.

2. Среди межвидовых гибридов, в геноме которых содержатся дикорастущие зимостойкие виды *R. dikuscha* Fisch. ex Turcz. и *R. pauciflorum* Turcz. ex Rojark, выделено 13 высокозимостойких гибридных форм смородины черной в семьях Подарок Кузиору × Хара Кыталык – 9 образцов, Подарок Кузиору × Люция – 2, Алтайская поздняя × Хара Кыталык и Алтайская поздняя × Люция – по одному.

3. Установлено, что включение в скрещивания сортов Шаровидная и Подарок Кузиору, содержащих в генотипе *R. nigrum ssp. scandicum* Hedl, позволяет получить высокий выход устойчивых к мучнистой росе гибридных семян: Шаровидная × Хара Кыталык и Шаровидная × Памяти Кындыла – 100 %, Подарок Кузиору × Хара Кыталык – 96,2 %, Подарок Кузиору × Люция – 95,0 %.

4. Высокий выход устойчивого к почковому клещу потомства (до 100,0 %) наблюдался в семьях, в генетическом происхождении которых обязательно присутствуют два подвида смородины черной – европейский и сибирский, а также один или два вида из смородины малоцветковой, скандинавского подвида и смородины дикуши.

5. Источниками высокой урожайности выделены 5 гибридных форм (5-17-13, 2-9-13, 1-12-13, 3-13-13 и 5-9-13), три из которых принадлежат к 4-й генетической группе, в геноме которой содержатся три подвида смородины черной, а также смородина дикуша и смородина моховка.

6. По итогам изучения предварительно выделены 2 перспективных гибрида смородины черной: 1-12-13 (Алтайская поздняя × Памяти Кындыла) и 2-9-13 (Подарок Кузиору × Хара Кыталык), которые являются источниками нескольких ценных признаков.

#### Библиографический список

1. Нигматзянов Р. А., Сорокопудов В. Н. Перспективы селекции смородины черной по качеству ягод в условиях Башкирского Предуралья // Вестник КрасГАУ. 2020. № 1 (154). С. 34–39.



2. Сазонов Ф. Ф. Использование генетических ресурсов в селекции смородины черной на устойчивость к патогенам и почковому клещу // Плодоводство и ягодоводство России. 2016. Т. 44. С. 210–214.
3. Князев С. Д., Бахотская А. Ю. Генетическое разнообразие смородины черной сортов селекции ВНИИСПК // Плодоводство и ягодоводство России. 2018. Т. 54. С. 47–51.
4. Сорокопудов В. Н., Назарюк Н. И., Макаренко С. А., Сорокопудова О. А. Сибирский сад академика И. П. Калининой длиною в жизнь. Выпускница МСХА имени К. А. Тимирязева на службе Сибирского садоводства // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2021. № 1. С. 98–107.
5. Куликов И. М., Марченко Л. А. Генетические методы создания новых сортов садовых растений // Вестник Российской академии наук. 2017. Т. 87. № 4. С. 358–361.
6. Куликов И. М., Евдокименко С. Н., Тумаева Т. А., Келина А. В., Сазонов Ф. Ф., Андронова Н. В., Подгаецкий М. А. Научное обеспечение ягодоводства России и перспективы его развития // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. № 25 (4). С. 414–419.
7. Сорокопудов В. Н., Назарюк Н. И., Габышева Н. С. Совершенствование сортимента смородины черной в Азиатской части России // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 7. С. 23–28.
8. Коробкова Т. С. Оценка ресурсных видов ягодных растений среднетаежной подзоны Якутии // Евразийский союз ученых. 2017. № 11 (44). С. 22–25.
9. Смородина – НИИСС имени М. А. Лисавенко [Электронный ресурс]. URL: <http://www.niilisavenko.org/variants/curblack.htm> (дата обращения: 05.11.2021).
10. Степанов А. И., Иванов Р. В., Даянова Г. И., Николаева Ф. В. Стратегические направления инновационного развития агропромышленного комплекса Республики Саха (Якутия) // Вестник ДВО РАН. 2019. № 1 (203). С. 5–13.
11. Филиппов Д. В., Ноев И. И. Климатические особенности города Якутска как фактор позитивного социально-экономического развития // Научный электронный журнал «Меридиан». 2019. № 2 (20). С. 147–149.
12. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1995. 502 с.
13. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.
14. Тихонова О. А. Оценка самоплодности сортов черной смородины в условиях Северо-Запада России // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. Т. 180. № 2. С. 60–72. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-60-72.
15. Голяева О. Д., Панфилова О. В., Калинина О. В. Селекционная оценка сорта красной смородины «Подарок победителям» и его инбредного потомства // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181. № 2. С. 35–41. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-35-41.
16. Жидехина Т. В., Гурьева И. В. Создание высокоустойчивого к сферотеке гибридного фонда черной смородины с использованием сортообразцов Орловской селекции // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2020. № 7 (1-2). С. 73–79. DOI: 10.24411/2500-0454-2020-11219.
17. Степанова Н. А. Особенности развития и вредоносности почкового клеща на смородине // Вестник аграрной науки. 2018. № 3 (72). С. 139–145. DOI: 10.15217/48484.
18. Тихонова О. А. Сорта черной смородины селекции ВНИИСПК на Северо-Западе России // Современное садоводство – Contemporary horticulture. 2019. № 4. С. 76–91. DOI: 10.24411/2312-6701-2019-10408.
19. Зарицкий А. В., Ковалева В. В. Потенциальная и фактическая продуктивность новых гибридов черной смородины селекции Дальневосточного ГАУ // Вестник НГАУ. 2018. № 3 (48). С. 17–22. DOI: 10.31677/2072-6724-2018-48-3-17-22.

#### **Об авторах:**

Наталья Сергеевна Габышева<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории кормопроизводства и плодово-ягодных культур, ORCID 0000-0003-3307-4156, AuthorID 764454; +7 924 865-68-75, [nataligabysheva@mail.ru](mailto:nataligabysheva@mail.ru)

<sup>1</sup> Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М. Г. Сафронова – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Якутск, Россия

## Evaluation of interspecific hybrids of black currant in Yakutia

N. S. Gabysheva<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Yakutsk Research Institute of Agriculture named after M. G. Safronov – a separate subdivision of the Federal Research Center “Yakutsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”, Yakutsk, Russia

✉ E-mail: nataligabysheva@mail.ru

**Abstract.** The results of the study of interspecific black currant hybrids are presented by the method of distant hybridization created in Central Yakutia. Six high-yielding, large-fruited and powdery mildew resistant Altai varieties were crossed with local varieties, which are based on the following currant species – *R. dikuscha* Fisch. ex Turcz, *Ribes pausiflorum* Turcz. ex Pojark. and *R. procumbens* Pall. to develop new adapted varieties. **The aim** of the research is to evaluate interspecific hybrids of black currant and promising forms to identify for the conditions of Central Yakutia. Objectives are to study the resistance of black currant hybrids to winter damage, powdery mildew and kidney mites; fruitful forms identify; the sources of positive signs and valuable promising forms highlight. **Methods.** The work was carried out in accordance with the program and methodology of variety study and selection of fruit, berry and nut crops. The hybrids were evaluated in the field against a natural background. **Scientific novelty.** New sources of economically valuable traits and promising hybrids for black currant breeding in Yakutia will be identified. **Results.** 13 sources of winter hardiness, 5 – yield were selected as a result of the study of black currant hybrids. A high yield of hybrids immune to powdery mildew was observed in 4 families, and to a kidney mite in 5 families. The selected sources of valuable traits and crossbreeding combinations will be further used in the work on black currants to create a new breeding material. The selected sources of economically valuable traits will be used in the future in the selection of black currants to create a new source material. Two promising forms of black currant distinguished themselves – 1-12-13 (Altayskaya pozdnyaya × Pamyati Kyndyla) and 2-9-13 (Podarok Kuzioru × Khara Kytalyk) according to the complex of features. They are of interest and will be studied for practical breeding.

**Keywords:** berry growing, breeding, black currant, interspecific hybrids, winter hardiness, powdery mildew, kidney mite, yield.

**For citation:** Gabysheva N. S. Otsenka mezhvidovykh gibridov smorodiny chernoy v Yakutii [Assessment of interspecific black currant hybrids in Yakutia] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 01 (216). Pp. 56–65. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-56-65. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 09.11.2021, **date of review:** 26.11.2021, **date of acceptance:** 06.12.2021.

### References

1. Nigmatzyanov R. A., Sorokopudov V. N. Perspektivy selektsii smorodiny chernoy po kachestvu yagod v usloviyakh Bashkirskogo Predural'ya [Prospects of black currant breeding in terms of berry quality in the conditions of the Bashkir Urals] // Vestnik KrasGAU. 2020. No. 1 (154). Pp. 34–39. (In Russian.)
2. Sazonov F. F. Ispol'zovaniye geneticheskikh resursov v selektsii smorodiny chernoy na ustoychivost' k patogenam i pochkovomu kleshchu [The use of genetic resources in the selection of black currants for resistance to pathogens and kidney mites] // Fruit and berry growing in Russia. 2016. Vol. 44. Pp. 210–214. (In Russian.)
3. Knyazev S.D., Bakhotskaya A.YU. Geneticheskoye raznoobraziye smorodiny chernoy sortov selektsii VNIISPK [Genetic diversity of black currant varieties of VNIISPK selection] // Pomiculture and small fruits culture in Russia. 2018. Vol. 54. Pp. 47–51. (In Russian.)
4. Sorokopudov V. N., Nazaryuk N. I., Makarenko S. A., Sorokopudova O. A. Sibirskiy sad akademika I. P. Kalininoi dlinoyu v zhizn'. Vypusknitsa MSKha imeni K. A. Timiryazeva na sluzhbe Sibirskogo sadovodstva [Siberian garden of academician I. P. Kalinina for a lifetime. A graduate of the Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev in the service of Siberian horticulture] // Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2021. No. 1. Pp. 98–107. (In Russian.)
5. Kulikov I. M., Marchenko L. A. Geneticheskiye metody sozdaniya novykh sortov sadovykh rasteniy [Genetic methods for creating new varieties of garden plants] // Vestnik Rossiyskoy akademii nauk. 2017. No. 4. Pp. 358–361. (In Russian.)
6. Kulikov I. M., Evdokimenko S. N., Tumayeva T. A., Kelina A. V., Sazonov F. F., Andronova N. V., Podgayetskiy M. A. Nauchnoye obespecheniye yagodovodstva Rossii I perspektivy yegorazvitiya [Scientific support of berry

growing in Russia and prospects for its development] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2021. No. 25 (4). Pp. 414–419. (In Russian.)

7. Sorokopudov V.N., Nazaryuk N.I., Gabysheva N.S. Sovershenstvovaniye sortimenta smorodiny chernoy v Aziatskoy chaste Rossii [Improving the assortment of black currants in the Asian part of Russia] // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2018. No. 7. Pp. 23–28. (In Russian.)

8. Korobkova T.S. Otsenka resursnykh vidov yagodnykh rasteniy srednetayezhnoy podzony Yakutii [Assessment of resources peciesof berry plants in the middletaigasubzone of Yakutia] // Eurasian Union of Scientists. 2017. No. 11 (44). Pp. 22–25. (In Russian.)

9. Smorodina – NIISS imeni M. A. Lisavenko [Smorodina – Research Institute of Horticulture of Siberia named after M. A. Lisavenko] [e-resource]. URL: <http://www.niisavenko.org/variants/curblack.htm> (date of reference: 04.11.2018). (In Russian.)

10. Stepanov A. I., Ivanov R. V., Dayanova G. I., Nikolaeva F. V. Strategicheskie napravleniya innovatsionnogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Respubliki Sakha (Yakutiya) [Strategic directions of innovative development of the agro-industrial complex of the Republic of Sakha (Yakutia)] // Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences. 2019. No. 1 (203). Pp. 5–13. (In Russian.)

11. Filippov D. V., Noyev I. I. Klimaticheskiye osobennosti goroda Yakutsk kak faktor pozitivnogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya [Climatic features of the city of Yakutsk as a factor of positive socio-economic development] // Nauchnyy elektronnyy zhurnal “Meridian”. 2019. No. 2 (20). Pp. 147–149. (In Russian.)

12. Programma i metodika seleksii plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur [The program and methods of selection of fruit, berry and nut crops]. Orel, 1995. 502 p. (In Russian.)

13. Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur [Program and methodology for the variety study of fruit, berry and nut crops]. Orel, 1999. 608 p. (In Russian.)

14. Tikhonova O. A. Otsenka samoplodnosti sortov chernoy smorodiny v usloviyakh Severo-Zapada Rossii [Evaluation of the self-fertility of black currant varieties in the conditions of the North-West of Russia] // Trudy po prikladnoy botanike, genetike i seleksii. 2019. Vol. 180. No. 2. Pp. 60–72. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-60-72. (In Russian.)

15. Golyaeva O. D., Panfilova O. V., Kalinina O. V. Seleksionnaya otsenka sorta krasnoy smorodiny “Podarok pobeditelyam” i yego inbrednogo potomstva [Plant breeding evaluation of the red currant cultivar “Podarok Pobeditelyam” and its inbred progeny] // Trudy po prikladnoy botanike, genetike i seleksii. 2020. Vol. 181. No. 2. Pp. 35–41. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-35-41. (In Russian.)

16. Zhidekhina T. V., Gur'yeva I. V. Sozdaniye vysokoustoychivogo k sferoteke gibridnogo fonda chernoy smorodiny s ispol'zovaniyem sortoobraztsov orlovskoy seleksii [Creating a highly resilient to the spherotek of the hybrid fund of black currant using varieties of the Oryol selection] // Seleksiya i sortorazvedeniye sadovykh kul'tur. 2020. No. 7 (1-2). Pp. 73–79. DOI: 10.24411/2500-0454-2020-11219. (In Russian.)

17. Stepanova N. A. Osobennosti razvitiya i vrednosnosti pochkovogo kleshcha na smorodine [Features of the development and harmfulness of the kidney mite on currants] // Bulletin of agrarian science. 2018. No. 3 (72). Pp. 139–145. DOI: 10.15217/48484. (In Russian.)

18. Tikhonova O. A. Sorta chernoy smorodiny seleksii VNIISPK na Severo-Zapade Rossii [Varieties of black currant selection of All-Russian Research Institute of Fruit Crops Breeding in the North-West of Russia] // Sovremennoye sadovodstvo – Contemporary horticulture. 2019. No. 4. Pp. 76–91. DOI: 10.24411/2312-6701-2019-10408. (In Russian.)

19. Zaritskiy A. V., Kovaleva V. V. Potentsial'naya i fakticheskaya produktivnost' novykh gibridov chernoy smorodiny seleksii Dal'nevostochnogo GAU [Potential and actual productivity of new blackcurrant hybrids bred by the Far Eastern State Agrarian University] // Vestnik NSAU. 2018. No. 3 (48). Pp. 17–22. DOI: 10.31677/2072-6724-2018-48-3-17-22. (In Russian.)

#### Authors' information:

Natalya S. Gabysheva<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, leading researcher, ORCID 0000-0003-3307-4156, AuthorID 764454; +7 924 865-68-75, [nataligabysheva@mail.ru](mailto:nataligabysheva@mail.ru)

<sup>1</sup> Yakutsk Research Institute of Agriculture named after M. G. Safronov – a separate subdivision of the Federal Research Center “Yakutsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”, Yakutsk, Russia

## Влияние роботизированного доения коров на эффективность производства молока

Е. Г. Скворцова<sup>1</sup>, О. В. Чепуштанова<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: chepushtanova-ov@list.ru

**Аннотация.** Цель – изучение влияния технологии производства молока в СПК «Глинский» с применением роботизированных доильных установок Lely Astronaut, DeLaval и линейной доильной установки АДМ-8А на эффективность производства молока. **Методы.** Проведен анализ эффективности производства молока при различных технологиях содержания и доения коров по материалам учета молочной продуктивности, полученным за 2016–2019 гг., а также определены товарность молока, себестоимость единицы молока и рентабельность производства молока при роботизированном доении и доении в молокопровод. **Научная новизна.** Проведен анализ экономической эффективности производства молока в условиях одного хозяйства, определены различия в уровне молочной продуктивности и качестве молока, рассчитаны рентабельность и себестоимость 1 кг молока, полученного при помощи доильной установки АДМ-8 и автоматизированных доильных установок Lely и DeLaval. **Результаты.** На молочную продуктивность коров влияет большое количество факторов: как генетических, так и паратипических. Основной паратипический фактор – технология производства молока, включающая в себя содержание, кормление, доение скота. В настоящее время распространенной технологией является привязное содержание коров с доением в длинный молокопровод в стойлах, эта технология считается традиционной. Ей на смену приходит более производительная – содержание дойного стада без привязи группами с доением на автоматических доильных установках (роботизированное доение). В нашем исследовании выявлено положительное влияние технологии доения с помощью роботизированных установок на эффективность производства молока: удой за каждую лактацию увеличивается на 7–28 %, что подтверждается индексом постоянства лактации; содержание соматических клеток в молоке снижается до  $2,4 \times 10^5$  клеток в 1 см<sup>3</sup>, обеспечивая увеличение товарности молока до 97,4 %, по физико-химическим показателям молоко коров при различных способах содержания находилось в пределах нормы и средних значений по стаду.

**Ключевые слова:** корова, надой, удой, роботизированное доение, технология производства молока, эффективность, соматические клетки.

**Для цитирования:** Скворцова Е. Г., Чепуштанова О. В. Влияние роботизированного доения коров на эффективность производства молока // Аграрный вестник Урала. 2022. № 01 (216). С. 66–75. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-66-75.

**Дата поступления статьи:** 10.11.2021, **дата рецензирования:** 25.11.2021, **дата принятия:** 03.12.2021.

### Постановка проблемы (Introduction)

Инновации и внедрение новых технологий представляют собой два центральных элемента процесса развития бизнеса и промышленности в сельском хозяйстве. Одной из наиболее актуальных инноваций на молочных фермах является роботизация процесса доения за счет внедрения систем автоматического доения (AMS).

Увеличение производства молочной продукции высокого качества – одна из основных задач скотоводства и АПК в целом. В настоящее время в молочном скотоводстве происходит переход на интенсивные способы производства молока, к которым относится применение роботизированных установок для доения коров [1, с. 209; 2, с. 99; 3, с. 113; 4, с. 219]. Вопрос влияния интенсивных технологий производства мо-

лока на его состав и качество в нашей стране изучен недостаточно.

С тех пор как в 1992 г. появились первые системы роботизированного доения, они применяются все шире. Никакие другие новые технологии с момента появления доильного аппарата не вызвали такого большого интереса и ожиданий среди животноводов. Ручной труд частично заменяется автоматизированным управлением и контролем, и присутствие оператора больше не требуется. Визуальный контроль над состоянием здоровья коровы и вымени при доении осуществляется автоматическими системами (по крайней мере частично).

Сокращение рабочей силы, улучшение социальной жизни работников молочных ферм и увеличение надоев молока за счет более частого доения, как пра-

вило, признаются наиболее важными преимуществами автоматизированного доения. Данная технология, без сомнения, вносит изменения во многие аспекты управления фермой, поскольку меняется как характер, так и организация труда. Результаты, полученные на западных фермах, свидетельствуют о том, что качество молока несколько ухудшается, хотя количество бактерий и соматических клеток остается значительно ниже критического уровня. Что касается контроля качества, автоматизированные системы предлагают дополнительные средства для обеспечения качества молока и безопасности пищевых продуктов.

Доильные роботы – это автоматические доильные установки, в которых доение осуществляется без непосредственного участия оператора. Коровы доятся в течение всего дня. Среднее количество доек в сутки составляет 2,5–3. В результате на 10–15 % увеличиваются надои. Коровы могут посещать доильного робота добровольно. Как правило, в коровниках с доильным роботом коровы содержатся в помещении круглый год [5, с. 2404; 6, с. 2649; 7, с. 291].

Доказана высокая эффективность влияния технологии доения коров роботизированным оборудованием не только на увеличение молочной продуктивности, но и на повышение качества молока [8, с. 9; 9, с. 86; 10, с. 31; 11, с. 44; 12, с. 70; 13, с. 90].

Использование роботизированного доения напрямую влияет на повышение надоев и качества молока по сравнению с традиционными способами доения в длинный молокопровод. Роботизированное доение обеспечивает качество молока на уровне европейских стандартов за счет отделения здорового молока от маститного, стародойного и молока карантинных животных, тщательной промывки оборудования после каждого посещения оборудования коровой [11, с. 44].

Целью работы является изучение влияния технологии производства молока в СПК «Глинский» с применением роботизированных доильных установок Lely Astronaut, DeLaval и линейной доильной установки АДМ-8А на эффективность производства молока.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Работу выполняли на одном из предприятий Свердловской области. СПК «Глинский» Режевского района – первый в Свердловской области кооператив, применивший в 2014 г. роботизированную систему добровольного доения и использующий ее по настоящее время [14, с. 249].

Объект исследования – голштинизированный скот черно-пестрой породы уральского типа.

В качестве источника данных по молочной продуктивности использовались материалы учета молочной продуктивности, полученные за 2016–2019 гг., из разных форм зоотехнического и экономического учета, были взяты годовые отчеты о себестоимости молока за год, отчет по производству продукции, месячные отчеты о выполнении производственного плана, данные первичного учета, данные из структуры картотеки учетно-аналитической программы «Селэкс», журналы по учету молочной продуктивности.

В период проведения исследований были изучены молочная продуктивность (удой за 100, 200 и 305 дней и удой за законченную лактацию) и физико-химические показатели молока (плотность, массовая доля жира, массовая доля белка, сухое вещество, сухой обезжиренный молочный остаток, лактоза).

Массовая доля жира, массовая доля белка, плотность и сухой обезжиренный молочный остаток определялись путем измерения проб молока на анализаторе «Лактан 1-4 М», исполнение 500. Все работы на данном аппарате проводились согласно инструкции от производителя [15, с. 1].

Расчетным методом по Н. В. Литвиненко [16, с. 16] устанавливали содержание лактозы в молоке и сухое вещество.

Содержание соматических клеток в молоке рассчитывали по ГОСТ 23453-2014 «Молоко сырое. Методы определения соматических клеток».

Индекс постоянства лактации определяли по отношению удоя за вторые 100 дней лактации к первым 100 дням, выраженному в процентах.

Обработка результатов исследований осуществлялась в программе Microsoft Excel с расчетом основных показателей.

Экономическую эффективность производства молока рассчитывали по количеству реализованного молока высшего и первого сорта с учетом себестоимости и цены реализации молока разного сорта [17, с. 1; 18, с. 1].

#### Результаты (Results)

В технологию производства молока входит не только технология машинного доения, но и способ содержания скота.

Содержание коров в СПК «Глинский» на двух фермах привязное, на одной беспривязное. Исследование проводилось на двух группах коров численностью 1030 и 230 голов дойного стада, содержащихся на фермах с разными используемыми технологиями.

В отделении с доильной системой АДМ-8А коров содержат привязным способом в коровниках с четырехрядным расположением стойл. Каждый коровник рассчитан на 200 голов, всего их четыре.

Во втором отделении коров содержат беспривязным способом, доятся они при помощи роботов-дойяров в двух корпусах, в которых содержится 230 дойных коров. В первом корпусе стоят два доильных робота от компании Lely Astronaut A4, во втором – два от компании DeLaval. Все они рассчитаны на автономную работу, принцип работы у них схож: когда животное приходит на дойку, система считывает данные о нем с ошейника и решает, пускать корову или нет; после того как робот ее впускает, он дает ей комбикорм, производит мытье сосков и приступает к процессу доения. По заранее запрограммированной схеме роботизированная рука ищет соски, подцепляет к ним доильные стаканы и начинает дойку.

Кормление скота происходит по одной технологии на всех фермах – и при привязном, и беспривязном содержании. Кормораздатчик формирует кормосмесь

для всех ферм в одном кормоцехе из одних и тех же компонентов одинакового качества. Рационы животным составляют на производстве согласно их продуктивности и потребности в питательных веществах, витаминах и минералах. Раздача корма происходит два раза в сутки, утром и после обеда.

Основные положительные стороны роботизированных доильных установок в сравнении с классической установкой АДМ-8А представлены в таблице 1.

Главные преимущества роботизированных систем доения заключаются в их автономности и возможности вести точный контроль качества молока. Коровы сами решают, когда прийти на дойку, что в совокупности с трехтактовым режимом доения хорошо сочетается с физиологией животных, избавляя их от стресса, который животные часто испытывают при доении в молокопровод.

В первые 100 дней лактации дойная корова, находясь на раздое, дает практически половину всего молока. Поэтому был проведен сравнительный анализ молочной продуктивности коров двух сравниваемых групп в течение четырех лактаций (таблица 2).

Данные таблицы 2 говорят о превосходстве в 16,7 %, 19 % и 21,4 % (по показателям удоев за 100, 200 и 305 дней соответственно, в среднем за четыре лактации) группы животных, доящихся на роботизированной доильной установке, над группой, которая доилась в молокопровод.

Наибольшие различия между двумя группами пришлось на показатель удоя за 305 дней лактации и составили разницу в 1663 кг в пользу роботизированной доильной установки. Гистограмма сравнения молочной продуктивности коров по среднему показателю представлена на рис. 1.

Таблица 1  
Сравнительный анализ доильных установок

Показатели	Доильная система АДМ-8А, привязное содержание	Роботизированные доильные установки (Lely и DeLaval), беспривязное содержание
Контроль маститного молока	Нет	Да
Раздельное доение долей вымени	Нет	Да
Такты доения	2	3
Автоматическое выявление крови в молоке	Нет	Да

Table 1  
Comparative analysis of milking machines

Index	Milking system ADM-8A, tethered housing	Robotic milking machines (Lely and DeLaval), loose housing
Control of mastitis with milk	No	Yes
Separate milking of the udder lobes	No	Yes
Milking strokes	2	3
Automatic detection of blood in milk	No	Yes

Таблица 2  
Молочная продуктивность коров за четыре лактации

Системы доения	Доильная система АДМ-8А			Роботизированные доильные установки (Lely и DeLaval)		
	Удой за 100 дней, кг	Удой за 200 дней, кг	Удой за 305 дней, кг	Удой за 100 дней, кг	Удой за 200 дней, кг	Удой за 305 дней, кг
1-я	2 771	5 275	7 319	2 987	5 827	8 277
2-я	3 213	5 973	7 945	3 701	7 043	9 582
3-я	3 315	6 058	8 063	3 908	7 436	10 018
4-я	3 167	5 742	7 685	3 962	7 140	9 786
Среднее	3 117	5 762	7 753	3 640	6 862	9 416

Table 2  
Milk productivity of cows in four lactations

Milking systems	Milking system ADM-8A			Robotic milking machines (Lely and DeLaval)		
Lactation	100-day milk yield, kg	200-day milk yield, kg	350-day milk yield, kg	100-day milk yield, kg	200-day milk yield, kg	350-day milk yield, kg
1 <sup>st</sup>	2 771	5 275	7 319	2 987	5 827	8 277
2 <sup>nd</sup>	3 213	5 973	7 945	3 701	7 043	9 582
3 <sup>rd</sup>	3 315	6 058	8 063	3 908	7 436	10 018
4 <sup>th</sup>	3 167	5 742	7 685	3 962	7 140	9 786
Average	3 117	5 762	7 753	3 640	6 862	9 416

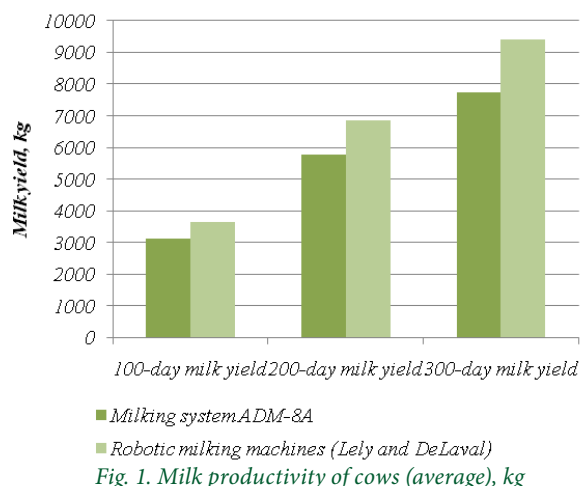
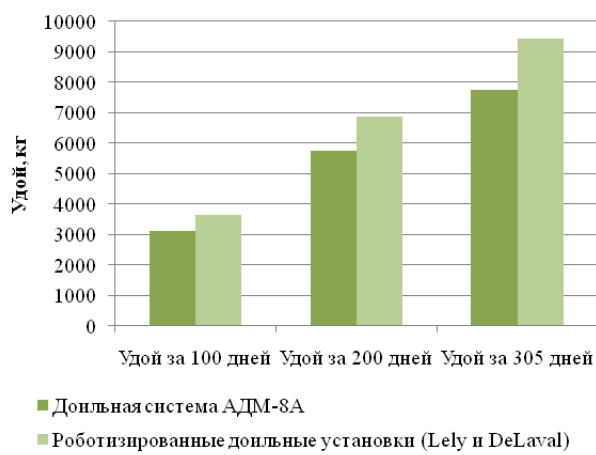


Рис. 1. Молочная продуктивность коров (по среднему показателю), кг

Fig. 1. Milk productivity of cows (average), kg

Таблица 3  
Молочная продуктивность коров за всю лактацию, кг

Лактация	Доильная система АДМ-8А, привязное содержание	Роботизированные доильные установки (Lely и DeLaval), беспривязное содержание
1-я	8 109	8 706
2-я	8 469	10 238
3-я	8 560	10 395
4-я	8 247	10 619

Table 3  
Milk productivity of cows for all lactation, kg

Lactation	Milking system ADM-8A, tethered housing	Robotic milking machines (Lely and DeLaval), loose housing
1 <sup>st</sup>	8 109	8 706
2 <sup>nd</sup>	8 469	10 238
3 <sup>rd</sup>	8 560	10 395
4 <sup>th</sup>	8 247	10 619

В целом группа коров, доившихся роботом и содержащихся беспривязно, показывает результат по удою за изучаемые периоды выше в среднем на 19 %, чем группа коров, доившихся в молокопровод и содержащихся на привязи.

В среднем по отделению, где используется доильная система АДМ-8А, дойные дни по последней законченной лактации составили 372 дня; там, где коровы доились роботом, – 424 дня, что привело к увеличению молочной продуктивности коров за всю лактацию (таблица 3).

Результат анализа таблицы 3 показал, что удои за всю лактацию в группе, которая содержится беспривязным способом и доится доильным роботом, выше в сравнении с удоем первой группой, которая доилась в молокопровод и содержалась на привязи. У коров первой группы удои повышаются до третьей лактации, затем снижаются, в то время как у коров второй группы он продолжает расти вплоть до четвертой лактации. Так, продуктивность коров, доение которых осуществлялось с помощью доильной системы АДМ-8А, и коров при доении с помощью роботизированных установок (Lely и DeLaval) увеличивается с первой по третью лактацию на 6 % и 19 % соответственно, а с первой по четвертую – на 2 % и 22 % соответственно. Результаты изменения удоев в течение четырех лактаций представлены на рис. 2.

Анализ графика на рис. 2 показал, что вторая группа коров, которая доилась при помощи доильного робота, показывает увеличение молочной продуктивности в течение всех четырех лактаций на 7–28 %. Таким образом, реализация генетического потенциала молочной продуктивности у коров второй группы происходит эффективнее. Технология доения на автоматизированных установках позволяет увеличивать удои до четвертой лактации в нашем случае.

Для определения характера лактационной кривой и степени ее снижения были посчитаны коэффициенты устойчивости лактации обеих сравниваемых групп. Результаты подсчета представлены в таблице 4.

Анализ таблицы 4 показывает, что коровы, доящиеся в первой группе, не имеют выраженного признака высокопродуктивных коров, их коэффициент устойчивости лактации имеет максимальное значение в 90,34 % в первую лактацию, в то время как во второй группе этот показатель составляет 95,06 %, что на 4,72 процентных пункта больше, чем в первой группе, следовательно, коровы, содержащиеся беспривязно и доящиеся доильным роботом, имеют лучшие результаты по данному показателю, что свидетельствует о более равномерной лактационной деятельности коров.

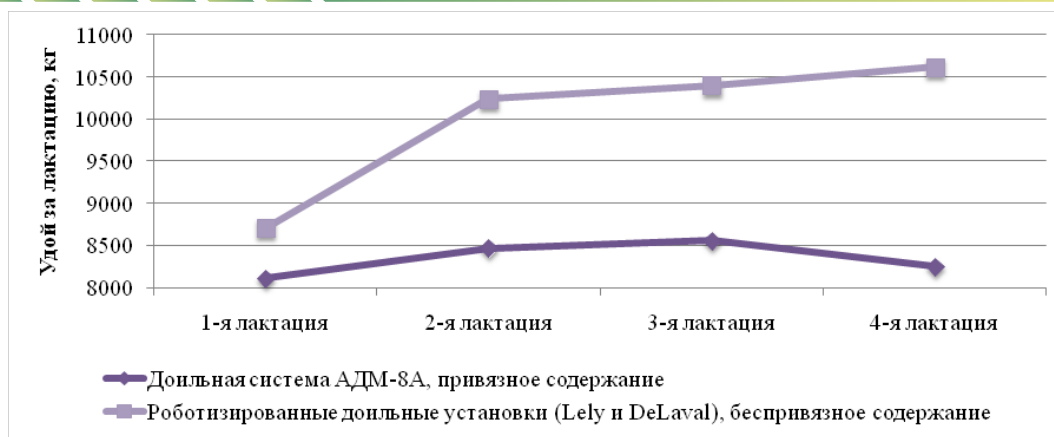


Рис. 2. Молочной продуктивности коров за все лактации, кг

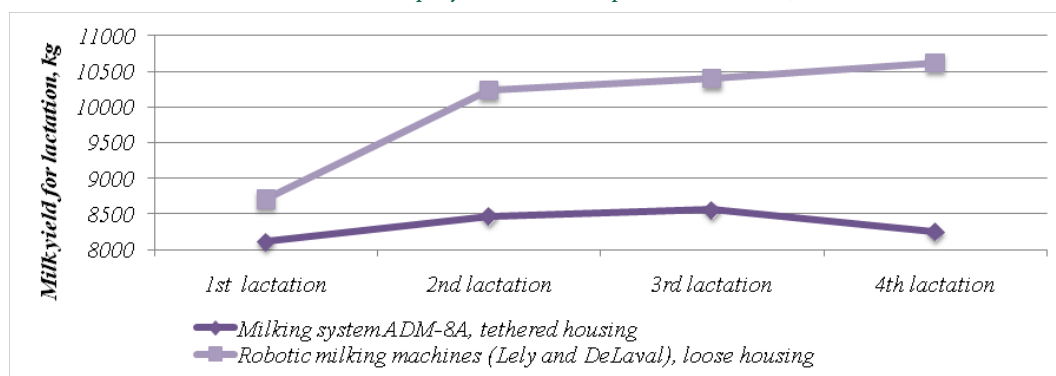


Fig. 2. Milk productivity of cows for all lactations, kg

Таблица 4

Сравнение коэффициентов устойчивости лактации, %

Лактация	Доильная система АДМ-8А, привязное содержание	Роботизированные доильные установки (Lely и DeLaval), беспривязное содержание
1-я	90,34	95,06
2-я	85,89	90,29
3-я	82,74	90,26
4-я	81,38	80,19
Среднее	84,49	88,52

Таблица 4

Comparison of lactation stability coefficients, %

Lactation	Milking system ADM-8A, tethered housing	Robotic milking machines (Lely and DeLaval), loose housing
1 <sup>st</sup>	90.34	95.06
2 <sup>nd</sup>	85.89	90.29
3 <sup>rd</sup>	82.74	90.26
4 <sup>th</sup>	81.38	80.19
Average	84.49	88.52

Доброкачественным молоком считается то, которое имеет высокие пищевые, технологические, биологические и санитарно-гигиенические свойства, соответствующие принятым стандартам [19, с. 86]. Для определения доброкачественности молока нами были проведены замеры его показателей, таких как жир, белок, лактоза, содержание СОМО и сухого вещества, плотность. Исследование проводилось на двух группах животных, численность которых составила в первой группе 1030 дойных коров, во второй – 230 дойных коров, период исследования пришелся на август и сентябрь, результаты представлены в таблице 5.

Анализ таблицы 5 показал, что процентное содержание жира в молоке незначительно больше (всего на 0,02 процентных пункта) в первой группе, содержание белка выше на 0,1 процентных пункта в первой группе, чем во второй.

Немалое значение после жира и белка в молоке имеет лактоза. В молокоперерабатывающих предприятиях она важна при создании сметаны, творога и простокваши, ее содержание в молоке обеих групп находится на одном уровне в 4,3 %, но, несмотря на ценность молочного сахара в производстве, в итоговой закупочной цене он не учитывается.



## Сравнительный анализ физико-химических показателей молока

Показатель	Доильная система АДМ-8А, привязное содержание	Роботизированные доильные установки (Lely и DeLaval), беспривязное содержание
Жир, %	3,66 ± 0,05	3,64 ± 0,06
Белок, %	3,15 ± 0,03	3,05 ± 0,05
Лактоза, %	4,3 ± 0,05	4,3 ± 0,08
СОМО, %	8,27 ± 0,10	8,27 ± 0,15
Сухое вещество, %	12,3 ± 0,10	12,29 ± 0,16
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1029,04 ± 0,30	1029,04 ± 0,56

Table 5

## Comparative analysis of physical, chemical and indicators of milk

Index	Milking system ADM-8A, tethered housing	Robotic milking machines (Lely and DeLaval), loose housing
Fat, %	3.66 ± 0.05	3.64 ± 0.06
Protein, %	3.15 ± 0.03	3.05 ± 0.05
Lactose, %	4.3 ± 0.05	4.3 ± 0.08
Milk solid not fat (MSNF), %	8.27 ± 0.10	8.27 ± 0.15
Dry matter, %	12.3 ± 0.10	12.29 ± 0.16
Density, kg/m <sup>3</sup>	1029.04 ± 0.30	1029.04 ± 0.56

Таблица 6

## Сравнительный анализ санитарных показателей молока

Показатель	Доильная система АДМ-8А, привязное содержание	Роботизированные доильные установки (Lely и DeLaval), беспривязное содержание
Соматические клетки в 1 см <sup>3</sup> , шт.	< 4,5 × 10 <sup>5</sup>	< 2,4 × 10 <sup>5</sup>
Товарность молока, %	91,55	97,4

Table 6

## Comparative analysis of physical, chemical and indicators of milk

Index	Milking system ADM-8A, tethered housing	Robotic milking machines (Lely and DeLaval), loose housing
Somatic cells in 1 cm <sup>3</sup> , pcs.	< 4.5 × 10 <sup>5</sup>	< 2.4 × 10 <sup>5</sup>
Productivity of milk, %	91.55	97.40

Плотность молока и СОМО имеют максимально схожие показатели в обеих сравниваемых группах, 1029,04 кг/м<sup>3</sup> и 8,27% соответственно. Данные показатели в большей степени отражают то, что молоко, полученное от этих коров, соответствует требованиям установленного стандарта.

Важный показатель в молоке – это содержание соматических клеток, их количество в здоровом вымени зависит от обновления эпителиальной ткани. Данные по содержанию в молоке соматических клеток и уровень товарности молока представлены в таблице 6.

Ключевое различие в качестве молока обеих групп – высокое содержание соматических клеток в молоке коров первой группы (в количестве 450 тысяч клеток в 1 см<sup>3</sup>) в сравнении с результатом второй группы (240 тысяч в 1 см<sup>3</sup>). С таким количеством соматических клеток молоко, согласно ГОСТ Р 52054-2003 «Молоко коровье сырое. Технические условия», полученное от коров, доившихся с применением доильной системы АДМ-8А, относят ко второму сорту, что говорит о сниженном качестве молока и, как следствие, к более низкой цене реализации.

Товарность молока в первой группе составляет 91,55%. Данный показатель говорит о количестве реализованного молока от всего надоенного. Именно на ферме, где применяются доильный робот и беспривязное содержание, этот показатель выше и составляет 97,4%.

В условиях рыночной экономики для полноценного покрытия большей части потребностей населения необходимо функционирование высокотоварного хозяйства с оптимальной концентрацией скота со значительным генетическим потенциалом. Подобными ресурсами обладает определенная часть хозяйств нашего региона, в частности, СПК «Глинский».

В СПК «Глинский» основной статьей дохода является продажа произведенного молока. Из-за того, что на предприятии применяют две кардинально разные технологии производства молока, такие как доение в молокопровод при привязном содержании и доение роботом при беспривязном содержании, экономические показатели в разрезе этих технологий отличаются. Нами был проведен расчет их эффективности (таблица 7).

Таблица 7

Экономические показатели производства молока за 2019 г.

Показатель	Доильная установка АДМ-8А, привязное содержание	Роботизированные доильные установки (Lely и DeLaval), беспривязное содержание
Реализовано молока, ц	66 133,33	22 413,84
Высшим сортом, ц	5 060,82	10 400,00
Первым сортом, ц	61 072,50	12 013,80
Цена реализации 1 кг молока высшего сорта, руб.	26,50	
Цена реализации 1 кг молока первого сорта, руб.	26,26	
Выручка за молоко высшего сорта, тыс. руб.	13 411,1	27 560,0
Выручка за молоко первого сорта, тыс. руб.	160 376,3	31 548,2
Выручка всего, тыс. руб.	173 787,5	59 108,2
Себестоимость 1 кг молока, руб.	20,31	21,91
Себестоимость всего надоенного молока, тыс. руб.	134 349,8	49 108,7
Рентабельность производства молока, %	29,3	20,3

Table 7

Economic indicators of milk production for 2019

Index	Milking system ADM-8A, tethered housing	Robotic milking machines (Lely and DeLaval), loose housing
Milk sold, c	66 133.33	22 413.84
The highest grade, c	5 060.82	10 400.0
The first variety, c	61 072.50	12 013.80
Sales price of 1 kg of milk of the highest grade, rubles	26.50	
Sales price of 1 kg of first grade milk, rubles	26.26	
Revenue for the highest grade milk, thousand rubles	13 411.1	27 560.0
Revenue for first grade milk, thousand rubles	160 376.3	31 548.2
Total revenue, thousand rubles	173 787.5	59 108.2
The cost of 1 kg of milk, rubles	20.31	21.91
The cost of all milk, thousand rubles	134 349.8	49 108.7
Milk production profitability, %	29.3	20.3

По данным таблицы 7 видно, что большая часть молока получена на ферме, где используется доильная установка АДМ-8А, и оно в основном продается первым сортом (92,4 %). На автоматических доильных установках около 50 % надоенного молока имеет высший сорт. Разница в цене реализации молока высшего и первого сортов незначительна. Себестоимость 1 кг молока, полученного на автоматизированной доильной установке, выше на 1,6 руб.

Таким образом, рентабельность производства молока на фермах с доением в молокопровод и доением роботом составила 29,3 и 20,3 %. Разницу в показателе формирует высокая амортизация оборудования на роботизированной ферме – 468,28 руб. на 1 ц молока в сравнении с 192,61 руб. на традиционной ферме.

**Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)**

В целом группа коров, доившихся роботом, показывает результат по удоям за изучаемый период в

среднем выше на 19 %, чем группа коров, которые доились в молокопровод.

Молочная продуктивность первой группы начинает снижаться уже после третьей лактации, а ее рост происходит только до второй, так как результаты удоев за вторую и третью лактации практически не отличаются, находясь в границах 8469 и 8560 кг надоенного молока.

Анализ физико-химических показателей молока коров обеих изучаемых групп показал слабое отличие таких показателей, как жир, белок, СОМО, сухое вещество и лактоза. Ключевые различия пришлись на содержание соматических клеток (их было больше в первой группе на 53 %), товарность молока была выше во второй группе и составила 97,4 % в отличие от первой с показателем в 91,55 %.

Ключевое различие в качестве молока обеих групп – высокое содержание соматических клеток в

молоке первой группы (450 тысяч клеток в 1 см<sup>3</sup>), в то время как результат второй группы – 240 тысяч в 1 см<sup>3</sup>.

Расчет экономической эффективности показал себестоимость молока на роботизированной ферме, равную 21,91 руб. за 1 кг. Сюда включена амортизация на дорогостоящее оборудование, что повысило себестоимость в сравнении с первой группой на 7,3 %. Рентабельность в первой группе и во второй составила 29,3 % и 20,3 % соответственно.

Использование современных технологий производства молока, таких как доение при помощи автоматических доильных установок и беспривязное содержание, в совокупности с полноценным и правильно организованным кормлением позволяет раскрыть генетический потенциал современного высокопродуктивного скота, а контроль качества молока, производимый автоматическими доильными установками, позволяет его регулировать.

#### Библиографический список

1. Коробейникова Л. П., Симакова К. С. Молочная продуктивность коров черно-пестрой породы при разных технологиях содержания и доения // Разработки и инновации молодых исследователей: материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых исследователей. Ижевск, 2018. С. 209–212.
2. Ананьева Е. В. Влияние различных технологических процессов доения коров-первотелок на их раздой и молочную продуктивность: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.10. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2018. 130 с.
3. Кулибеков К. К. Совершенствование технологии производства молока при доении коров-первотелок в условиях роботизированной фермы: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.10. Чебоксары: Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 2015. 131 с.
4. Федосеева Н.А. Применение современных промышленных технологий доения высокопродуктивных голштинизированных коров: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.02.10. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2018. 280 с.
5. Tse C., Barkema, H. W., DeVries T. J., et al. Effect of transitioning to automatic milking systems on producers' perceptions of farm management and cow health in the Canadian dairy industry // Journal of Dairy Science. 2016. Vol. 100. Iss. 3. Pp. 2404–2414.
6. Tse C., Barkema H. W., DeVries T. J., Rushen J., Pajor E. A. Impact of automatic milking systems on dairy cattle producers' reports of milking labour management, milk production and milk quality // Animal. 2018. Vol. 12. No. 12. Pp. 2649–2656. DOI: 10.1017/S1751731118000654.
7. Skvortsov E. A., Bykova O. A., Mymrin V. S., Skvortsova E. G., Neverova O. P., Nabokov V. I., Kosilov V. I. Determination of the applicability of robotics in animal husbandry // The Turkish Online Journal of Design Art and Communication. 2018. T. 8. No. S-MRCHSPCL. Pp. 291–299.
8. Лоретц О. Г., Горелик О. В., Харлап С. Ю., Неверова О. П., Павлова Я. С. Влияние роботизации доения на эффективность производства молока на промышленном комплексе [Электронный ресурс] // Вестник биотехнологии. 2019. № 2 (19). URL: [http://bio.urgau.ru/images/02\\_2019/Lorets\\_OG.pdf](http://bio.urgau.ru/images/02_2019/Lorets_OG.pdf) (дата обращения: 01.11.2021).
9. Горелик О. В., Харлап С. Ю. Молочная продуктивность коров в зависимости от условий содержания // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 1 (54). С. 86–91.
10. Скворцов Е.А., Скворцова Е.Г. Доильная робототехника и ее влияние на качество молока [Электронный ресурс] // Аграрное образование и наука. 2016. № 4. URL: [http://aes.urgau.ru/images/2016/04/08\\_04\\_2016.pdf](http://aes.urgau.ru/images/2016/04/08_04_2016.pdf) (дата обращения: 01.11.2021).
11. Скворцов Е. А., Скворцова Е. Г., Орешкин А. А., Потехин В. Н. Влияние применения доильной робототехники на качество молока // Агропродовольственная политика России. 2016. № 9. С. 44–47.
12. Чеченихина О. С., Степанова Ю. А., Андрюкова Н. А. Молочная продуктивность и свойства вымени коров черно-пестрой и симментальской пород при использовании роботизированной системы доения // Молочнохозяйственный вестник. 2017. № 1. С. 70–76.
13. Чеченихина О. С., Смирнова Е. С. Биологические и продуктивные особенности коров черно-пестрой породы при различной технологии доения // Молочнохозяйственный вестник. 2020. № 1 (37). С. 90–102.
14. Скворцов Е. А., Скворцова Е. Г., Набоков В. И., Кривоногов П. С. Применение доильной робототехники в регионе // Экономика региона. 2017. Т. 13. Вып. 1. С. 249–260.
15. Руководство по эксплуатации анализатора молока Лактан 1-4 исп. 500 [Электронный ресурс]. URL: <https://partner-ufo.ru/doc/109-instruktsii/294-rukovodstvo-po-ekspluatatsii-analizatora-moloka-laktan-1-4-isp-500.html> (дата обращения: 01.11.2021).
16. Литвиненко Н. В. Молочное дело: учебно-методическое пособие к лабораторно-практическим занятиям для студентов направления «Зоотехния». Благовещенск: Дальневосточный ГАУ, 2018. 65 с.
17. Рентабельность: формулы расчета эффективности бизнеса и советы эксперта [Электронный ресурс]. URL: <https://ria.ru/20210819/rentabelnost-1746456716.html> (дата обращения: 09.11.2021).
18. Товарность продукции и методика ее расчета [Электронный ресурс]. URL: <https://zavtrasessiya.com/index.php?act=PRODUCT&id=2855> (дата обращения: 09.11.2021).

19. Родионов Г. В., Остроухова В. И., Табакова Л. И. Технология производства и оценка качества молока: учебное пособие для вузов [Электронный ресурс]. 3-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 140 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/180822> (дата обращения: 09.11.2021).

#### Об авторах:

Екатерина Геннадьевна Скворцова<sup>1</sup>, кандидат экономических наук, доцент кафедры зооинженерии, ORCID 0000-0001-9341-4453, AuthorID 896242; +7 912 223-33-90, [uralmash91@list.ru](mailto:uralmash91@list.ru)

Ольга Викторовна Чепуштанова<sup>1</sup>, кандидат биологических наук, доцент кафедры зооинженерии, ORCID 0000-0002-5214-4212, AuthorID 654892; +7 912 632-74-81, [chepushtanova-ov@list.ru](mailto:chepushtanova-ov@list.ru)

<sup>1</sup>Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

## The influence of robotic milking of cows on the efficiency of milk production

E. G. Skvortsova<sup>1</sup>, O. V. Chepushtanova<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: [chepushtanova-ov@list.ru](mailto:chepushtanova-ov@list.ru)

**Abstract. Purpose** is to study the effect of milk production technology in the SPK “Glinskiy” with the use of robotic milking machines Lely Astronaut, DeLaval and linear milking machine ADM-8A, on the efficiency of milk production. **Methods.** An analysis of the efficiency of milk production with various technologies of keeping and milking cows was carried out on the basis of materials for accounting for milk productivity obtained for 2016–2019, and also the marketability of milk, the cost per unit of milk and the profitability of milk production during robotic milking and milking in a milk pipeline were determined. **Scientific novelty.** The analysis of the economic efficiency of milk production in the conditions of one farm is carried out, the differences in the level of milk productivity and milk quality are determined. Calculated: the cost price of 1 kg of milk obtained using the milking machine ADM-8 and automated milking machines Lely and DeLaval, profitability. **Results.** A large number of factors, both genetic and paratypical, affect the milk production of cows. The main paratypical factor is milk production technology, which includes keeping, feeding and milking livestock. Nowadays, the widespread technology is tethering cows with milking in a long milk pipe in stalls, this technology is considered traditional. She is being replaced by a more productive one – keeping a milking herd without a tether in groups with milking on automatic milking machines (robotic milking). Feeding with these two technologies is organized according to different principles. Our study revealed the influence of milking technology on the efficiency of milk production. As a result of the study, differences in the level of milk productivity and milk quality were determined. Our study revealed a positive effect of milking technology with the help of robotic installations on the efficiency of milk production: milk yield for each lactation increases by 7–28 %, which is confirmed by the lactation constancy index, the content of somatic cells in milk decreases to  $2.4 \times 10^5$  cells per 1 cm<sup>3</sup> providing an increase in the marketability of milk to 97.4 %, in terms of physical and chemical indicators, milk of cows, with different methods of keeping, was within the normal range and average values for the herd.

**Keywords:** cow, milk yield, milk yield, robotic milking, milk production technology, efficiency, somatic cells.

**For citation:** Skvortsova E. G., Chepushtanova O. V. Vliyanie robotizirovannogo doeniya korov na effektivnost' proizvodstva moloka [The influence of robotic milking of cows on the efficiency of milk production] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 01 (216). Pp. 66–75. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-66-75. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 10.11.2021, **date of review:** 25.11.2021, **date of acceptance:** 03.12.2021.

### References

1. Korobeynikova L. P., Simakova K. S. Molochnaya produktivnost' korov cherno-pestroy porody pri raznykh tekhnologiyakh soderzhaniya i doeniya [Milk productivity of black-and-white cows with different technologies of keeping and milking] // Razrabotki i innovatsii molodykh issledovateley: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh issledovateley. Izhevsk, 2018. Pp. 209–212. (In Russian.)
2. Anan'eva E. V. Vliyanie razlichnykh tekhnologicheskikh protsessov doeniya korov-pervotelok na ikh razdoy i molochnyuyu produktivnost': dis. ... kand. s.-kh. nauk: 06.02.10 [Influence of various technological processes of milking first-calf cows on their milk production and milk productivity: dissertation ... candidate of agricultural sciences: 06.02.10]. Balashikha: Rossiyskiy gosudarstvennyy agrarnyy zaochnyy universitet, 2018. 130 p. (In Russian.)
3. Kulibekov K. K. Sovershenstvovanie tekhnologii proizvodstva moloka pri doenii korov-pervotelok v usloviyakh robotizirovannoy fermy: dis. ... kand. s.-kh. nauk: 06.02.10 [Improving the technology of milk production when

milking first-calf heifers in a robotic farm: dissertation ... candidate of agricultural sciences: 06.02.10]. Cheboksary: Chuvashskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya, 2015. 131 p. (In Russian.)

4. Fedoseeva N. A. Primenenie sovremennykh promyshlennykh tekhnologiy doeniya vysokoproduktivnykh golstinizirovannykh korov: dis. ... d-ra s.-kh. nauk: 06.02.10 [Application of modern industrial technologies for milking highly productive Holstein cows: dissertation ... doctor of agricultural sciences: 06.02.10] Balashikha: Rossiyskiy gosudarstvennyy agrarnyy zaochnyy universitet, 2018. 280 p. (In Russian.)

5. Tse C., Barkema, H. W., DeVries T. J., et al. Effect of transitioning to automatic milking systems on producers' perceptions of farm management and cow health in the Canadian dairy industry // Journal of Dairy Science. 2016. Vol. 100. Iss. 3. Pp. 2404–2414.

6. Tse C., Barkema H. W., DeVries T. J., Rushen J., Pajor E. A. Impact of automatic milking systems on dairy cattle producers' reports of milking labour management, milk production and milk quality // Animal. 2018. Vol. 12. No. 12. Pp. 2649–2656. DOI: 10.1017/S1751731118000654.

7. Skvortsov E. A., Bykova O. A., Mymrin V. S., Skvortsova E. G., Neverova O. P., Nabokov V. I., Kosilov V. I. Determination of the applicability of robotics in animal husbandry // The Turkish Online Journal of Design Art and Communication. 2018. T. 8. No. S-MRCHSPCL. Pp. 291–299.

8. Loretts O. G., Gorelik O. V., Kharlap S. Yu., Neverova O. P., Pavlova Ya. S. Vliyanie robotizatsii doeniya na effektivnost' proizvodstva moloka na promyshlennom komplekse [Influence of robotization of milking on the efficiency of milk production in an industrial complex] [e-resource] // Bulletin of biotechnology. 2019. No. 2 (19). URL: [http://bio.urgau.ru/images/02\\_2019/Loretts\\_OG.pdf](http://bio.urgau.ru/images/02_2019/Loretts_OG.pdf) (date of reference: 01.11.2021).

9. Gorelik O. V., Kharlap S. Yu. Molochnaya produktivnost' korov v zavisimosti ot usloviy soderzhaniya [Milk productivity of cows depending on the conditions of detention] // Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University. 2019. No. 1 (54). Pp. 86–91. (In Russian.)

10. Skvortsov E. A., Skvortsova E. G. Doil'naya robototekhnika i ee vliyanie na kachestvo moloka [Milking robotics and its impact on milk quality] [e-resource] // Agrarian education and science. 2016. No. 4. URL: [http://aes.urgau.ru/images/2016/04/08\\_04\\_2016.pdf](http://aes.urgau.ru/images/2016/04/08_04_2016.pdf) (date of reference: 01.11.2021).

11. Skvortsov E. A., Skvortsova E. G., Oreshkin A. A., Potekhin V. N. Vliyanie primeneniya doil'noy robototekhniki na kachestvo moloka [Influence of the use of milking robotics on milk quality] // Agro-food policy in Russia. 2016. No. 9. Pp. 44–47. (In Russian.)

12. Chechenikhina O. S., Stepanova Yu. A., Andryukova N. A. Molochnaya produktivnost' i svoystva vymeni korov cherno-pestroy i simmental'skoy porod pri ispol'zovanii robotizirovannoy sistemy doeniya [Milk productivity and properties of the udder of cows of black-motley and Simmental breeds using a robotic milking system] // Molochnokhozyaystvenny Vestnik. 2017. No. 1. Pp. 70–76. (In Russian.)

13. Chechenikhina O. S., Smirnova E. S. Biologicheskie i produktivnye osobennosti korov cherno-pestroy porody pri razlichnoy tekhnologii doeniya [Biological and productive features of black-motley cows with various milking techniques] // Molochnokhozyaystvenny Vestnik. 2020. No. 1 (37). Pp. 90–102. (In Russian.)

14. Skvortsov E. A., Skvortsova E. G., Nabokov V. I., Krivonogov P. S. Primenenie doil'noy robototekhniki v regione [Application of milking robotics in the region] // Ekonomiy of regions. 2017. T. 13. Vol. 1. Pp. 249–260. (In Russian.)

15. Rukovodstvo po ekspluatatsii analizatora moloka Laktan 1-4 isp. 500 [Operating manual for milk analyzer Laktan 1-4 version 500] [e-resource]. URL: <https://partner-ufo.ru/doc/109-instruktsii/294-rukovodstvo-po-ekspluatatsii-analizatora-moloka-laktan-1-4-isp-500.html> (date of reference: 01.12.2021). (In Russian.)

16. Litvinenko N. V. Molochnoe delo: uchebno-metodicheskoe posobie k laboratorno-prakticheskim zanyatiyam dlya studentov napravleniya "Zootekhnika" [Dairy business: teaching aid for laboratory and practical exercises for students of the direction "Zootechnics"]. Blagoveshchensk: Dal'nevostochnyy GAU, 2018. Pp. 16–20. (In Russian.)

17. Rentabel'nost': formuly rascheta effektivnosti biznesa I sovery eksperta [Profitability: formulas for calculating business efficiency and expert advice] [e-resource]. URL: <https://ria.ru/20210819/rentabelnost-1746456716.html> (date of reference: 09.11.2021).

18. Tovarnost' produktsii i metodika ee rascheta [Marketability of products and the method of its calculation] [e-resource]. URL: <https://zavtrasessiya.com/index.pl?act=PRODUCT&id=2855> (date of reference: 09.11.2021).

19. Rodionov G. V., Ostroukhova V. I., Tabakova L. I. Tekhnologiya proizvodstva i otsenka kachestva moloka: uchebnoe posobie dlya vuzov [Production technology and milk quality assessment: a textbook for universities]. 3<sup>rd</sup> edition, ster. Saint Petersburg: Lan', 2021. 140 p. URL: <https://e.lanbook.com/book/180822> (date of reference: 10.11.2021).

#### Authors' information:

Ekaterina G. Skvortsova<sup>1</sup>, candidate of economic sciences, associate professor of the department of zooengineering, ORCID 0000-0001-9341-4453, AuthorID 896242; +7 912 223-33-90, [uralmash91@list.ru](mailto:uralmash91@list.ru)

Olga V. Chepushtanova<sup>1</sup>, candidate of biological sciences, associate professor of the department of zooengineering, ORCID 0000-0002-5214-4212, AuthorID 654892; +7 912 632-74-81, [chepushtanova-ov@list.ru](mailto:chepushtanova-ov@list.ru)

<sup>1</sup> Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

## Российский экспорт подсолнечного масла: тенденции и факторы развития

Н. В. Банникова<sup>1</sup>, Н. В. Воробьева<sup>1✉</sup>, Е. Г. Пупынина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

✉E-mail: vorobeval1979@mail.ru

**Аннотация.** Цель настоящего исследования – уточнение места России в мировой торговле подсолнечным маслом в современных условиях и тенденций развития российского экспорта этой продукции, выявления основных факторов, оказывающих позитивное и негативное влияние на экспорт. Для реализации цели установлены следующие задачи: 1) проанализировать тенденции изменения мировой структуры экспорта и импорта подсолнечного масла; 2) оценить влияние наиболее значимых факторов динамики российского экспорта; 3) исследовать проблемы, связанные с указанными факторами. Применялись статистический, аналитический и графический методы. Для выявления факторов, влияющих на динамику российского экспорта подсолнечного масла, использовался корреляционно-регрессионный анализ. **Результаты.** Спрос на подсолнечное масло во многих странах устойчиво растет, в результате чего стоимость его мирового экспорта за 5 лет увеличилась более чем на треть. Несмотря на то что по объемам экспорта Россия по-прежнему значительно уступает Украине, ее позиции в данном сегменте укрепились: доля российского подсолнечного масла на мировом рынке выросла с 14,7 % в 2016 г. до 18,3 % в 2020 г. Для поддержания позитивных тенденций необходимо расширение географии экспорта по перспективным направлениям (странам Ближнего Востока, Африки, Юго-Восточной Азии), а также улучшение инфраструктурного обеспечения экспорта. Результаты корреляционно-регрессионного анализа показали, что основное влияние на динамику российского экспорта оказывают факторы сырьевой базы. В статье исследованы препятствия для роста посевных площадей и урожайности подсолнечника, рассмотрены направления решения стоящих перед масложировым подкомплексом АПК задач. **Научная новизна** заключается в оценке влияния основных факторов на стоимостной объем российского экспорта подсолнечного масла и характеристике комплекса существующих в данном контексте проблем.

**Ключевые слова:** подсолнечник, масложировой подкомплекс АПК, подсолнечное масло, экспорт, импорт, цена.

**Для цитирования:** Банникова Н. В., Воробьева Н. В., Пупынина Е. Г. Российский экспорт подсолнечного масла: тенденции и факторы развития // Аграрный вестник Урала. 2022. № 01 (216). С. 76–85. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-76-85.

**Дата поступления статьи:** 21.09.2021, **дата рецензирования:** 01.10.2021, **дата принятия:** 14.10.2021.

### Постановка проблемы (Introduction)

Стратегическое значение масложировой продукции определяется уникальными свойствами различных растительных масел, которые не только являются обязательной составляющей питания человека, но и используются в качестве сырьевого технического компонента во многих отраслях промышленности, служат основой для производства биодизеля. Продажи масличных культур и продуктов их переработки по темпам роста сравнимы с таким важнейшим сегментом мировой торговли продовольствием, как зерновые культуры.

В 2020 г. состав и структура мирового экспорта растительных масел выглядели следующим образом: на пальмовое масло приходилось 32,0 % (32,5 млрд долл.), соевое – 13,2 % (13,4 млрд долл.), подсолнечное вместе с сафлоровым и хлопковым в одной позиции – 9,7 % (9,9 млрд долл.), рапсовое – 7,7 %

(7,8 млрд долл.) и оливковое – 7,5 % (7,6 млрд долл.). Динамику стоимостных и физических объемов экспорта на мировом рынке растительных масел эксперты связывают с изменениями в потребительских предпочтениях, нестабильностью доходов населения, урбанизацией, усилением ориентации на здоровый образ жизни, укреплением сырьевой базы, а также с колебаниями цен [3, с. 50, 57; 11, с. 6, 14, 17].

Хотя подсолнечное масло не занимает лидирующих позиций в структуре мировой торговли масложировой продукцией, оно считается ценным пищевым продуктом и пользуется все большей популярностью во многих странах мира. Специалисты объясняют это ростом населения и повышением доходов в развивающихся странах (особенно в азиатских), что ведет к трансформации в предпочтениях и изменению структуры и объемов спроса на продовольствие. Эту тенденцию отражает сравнение темпов роста различных сег-

ментов мирового экспорта растительных масел: если за период с 2016 по 2020 гг. в целом прирост экспорта по товарной группе «Масла и жиры» составил 15,6 %, то экспортные поставки подсолнечного, сафлорового и хлопкового масла увеличились на 37,2 %, а объем экспорта пальмового масла возрос на 25,2 % [21].

Увеличение экспорта подсолнечного масла как главного продукта отечественной масложировой промышленности приобретает все большее значение в условиях реализации стратегии, направленной на расширение российского несырьевого экспорта продуктов высокой степени переработки. Масложировая отрасль включена в национальный проект «Экспорт продукции АПК». Положительным фактором является то, что исторически в стране сформировались условия ведения эффективного производства на основе высоких требований к вкусовым и качественным характеристикам подсолнечного масла. С другой стороны, следует учитывать внешнеполитические риски, повышение уровня нестабильности конъюнктуры мирового рынка, обострение конкуренции, при которых возникают условия неопределенности во внешнеэкономической деятельности.

Рост экспорта подсолнечного масла, вызванный расширением зарубежного спроса, способствует наращиванию производственного потенциала масложирового подкомплекса АПК в России. При этом перед товаропроизводителями стоят задачи по увеличению посевных площадей под данную культуру, повышению урожайности, росту объемов производимого подсолнечного масла с учетом внедрения новых технологий переработки, обеспечивающих соответствие продукции требованиям международных стандартов. Важным аспектом при этом является сокращение экспорта семян подсолнечника в пользу расширения продаж продуктов его переработки [6, с. 41–42].

С учетом важности масложирового подкомплекса для укрепления экспортного потенциала России в литературе достаточно подробно рассмотрено современное состояние мирового рынка подсолнечного масла, динамика и география российского экспорта. В публикациях основное внимание уделяется стратегическим задачам отрасли в связи с санкционной нагрузкой [15, с. 37; 18, с. 418] и пандемией коронавируса [1, с. 168], рискам для отечественных экспортеров и возможностям роста [15, с. 37; 19], деятельности экспортно-ориентированных компаний на рынке подсолнечного масла [3, с. 50; 6, с. 40], особенностям государственного регулирования масложирового подкомплекса [11, с. 10; 15, с. 40]. В то же время в недостаточной степени изучено и оценено влияние внутренних и внешних факторов на динамику российского экспорта подсолнечного масла.

Данное исследование было выполнено с целью уточнения места России в мировой торговле подсолнечным маслом в современных условиях и тенденций развития российского экспорта этой продукции, выявления основных факторов, оказывающих позитивное и негативное влияние на экспорт.

Материалы исследования могут быть востребованы при обосновании стратегии развития масложирового подкомплекса АПК, а также полезны сельхозтоваропроизводителям при разработке производственных программ, направленных на расширение рынков сбыта и укрепление экспортного потенциала.

#### Методология и методы исследования (Methods)

В процессе исследования были использованы статистический, аналитический и графический методы. Информационно-аналитической базой для анализа послужили данные Федеральной службы государственной статистики, Федеральной таможенной службы, официальные сайты международных организаций. Для выявления факторов, влияющих на динамику российского экспорта подсолнечного масла, использовался корреляционно-регрессионный анализ.

#### Результаты (Results)

Отмеченный выше значительный рост экспорта подсолнечного масла был вызван рядом причин, среди которых главными являются рост платежеспособности населения, повышение спроса на продукцию, востребованную при здоровом питании, совершенствование технологий возделывания подсолнечника, обеспечивающих увеличение урожайности. Кроме того, на конъюнктуру рынка воздействуют агрометеорологические условия (в США, Южной Америке – засуха, в Юго-Восточной Азии – сильные дожди), оказывающие негативное влияние на плоды пальмового дерева и производство масличных культур в мире. В такой ситуации российский экспорт подсолнечного масла становится более привлекательным для стран, которые не могут импортировать наиболее популярное пальмовое масло и вынуждены переориентироваться на другие виды масложировой продукции.

Для товарного производства подсолнечника в глобальных масштабах, так же как и для поставщиков подсолнечного масла на мировой рынок, характерным является высокий уровень концентрации. Рассмотрев мировую структуру экспорта подсолнечного масла, следует выделить лидеров данного сегмента – Украину и Россию, которые обеспечивают более половины поставок данного продукта на мировой рынок (таблица 1). Высокий уровень и стремительный рост торговых показателей исследуемых стран связан с благоприятными природными условиями по выращиванию подсолнечника, наличием опыта возделывания данной культуры и производственных возможностей переработки семян, удобным географическим расположением и выходом к морю, в частности, к портам Азово-Черноморского бассейна. Используя имеющиеся возможности, Украина и Россия достигли самых высоких показателей производства семян подсолнечника на душу населения: 322 и 265 кг соответственно.

При этом следует отметить, что удельный вес Украины (39,3 %) в мировом экспорте в 2020 г. превышал долю Российской Федерации (18,3 %) почти в 2 раза. Преимущество Украины относительно Российской Федерации сохранялось на протяжении всех

анализируемых пяти лет, хотя российский экспорт рос опережающими темпами, в результате чего его доля за 5 лет возросла на 3,6 процентных пункта.

Основной позиций Украины является ее лидерство, прежде всего, по производству семян подсолнечника, несмотря на то что Россия обладает самыми большими площадями этой культуры. Увеличению валовых сборов в нашей стране препятствует недостаточно высокая урожайность семян по сравнению как с Украиной, так и с другими странами [8]. В частности, в 2019 г. наиболее высокая урожайность подсолнечника была получена в Сербии (30,0 ц с 1 га), Китае (2,6 ц/га), Турции (2,4 ц/га), Украине (2,3 ц/га), в то время как Россия в этом году не вошла в десятку лидеров.

Преимуществом Украины является также очевидная экспортная ориентация масложирового подкомплекса АПК. Так, в 2019/2020 г. на экспорт было направлено 6,2 млн тонн, или 92 % общего предложения подсолнечного масла. В России ситуация несколько иная: производство подсолнечного масла в 2020 г. составило 8,4 млн тонн, на внутреннее потребление пошло 5,2 млн тонн, или 62 %, то есть на экспорт приходилось только 38 %. В целом же самообеспеченность

России растительным маслом превышает 175 %, что создает необходимые предпосылки для дальнейшего развития экспорта [13, с. 80].

Важным конкурентным фактором позиций Украины на мировом рынке является отказ от ограничений экспорта. Отличие России состоит в использовании инструментов государственного регулирования и введении демпферной пошлины при экспорте продукции, которая направлена на сдерживание цен внутренней торговли, корректировку других параметров внутреннего рынка. В частности, в первой половине 2021 г. были введены ограничительные пошлины на экспорт семян подсолнечника как фактор повышения уровня загрузки перерабатывающих мощностей [12].

Третье и четвертое место в 2020 г. в структуре экспорта подсолнечного масла закрепилось за Турцией (5,45 %) и Нидерландами (5,41 %). Экспорт Турции на протяжении исследуемого периода имел положительную динамику, причем в 2020 г. темп прироста вывозимой продукции по сравнению с 2019 г. был самым высоким среди 10 анализируемых стран. В Турции существует высокий спрос на подсолнечное масло не только из-за большого внутреннего потребления, но и вследствие широко практикуемого реэкспорта в Ирак,

Таблица 1  
Мировой экспорт подсолнечного масла (топ-10), млн долл.

Страна	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Изменение, %	
						2020 г. к 2016 г.	2020 г. к 2019 г.
Весь мир	9 781,3	11 008,4	10 678,8	11 659,3	13 521,9	138,2	116,0
1. Украина	3 704,9	4 309,0	4 113,3	4 273,5	5 319,4	143,6	124,5
2. Российская Федерация	1 440,1	1 779,3	1 602,1	2 202,8	2 472,1	171,7	112,2
3. Турция	637,3	550,7	423,0	500,8	736,9	115,6	147,1
4. Нидерланды	543,6	563,3	552,7	555,2	731,2	134,5	131,7
5. Венгрия	429,7	503,3	514,0	492,1	481,6	112,1	97,9
6. Болгария	217,8	279,2	336,9	313,8	455,4	209,1	145,1
7. Аргентина	513,9	610,5	567,4	690,8	454,9	88,5	65,9
8. Франция	454,8	404,6	425,9	360,2	399,5	87,8	110,9
9. Испания	212,7	237,3	233,7	236,9	252,6	118,8	106,6
10. Германия	170,5	179,8	181,7	232,1	223,1	130,9	96,1

Источник: составлено по [20; 21].

Table 1  
World exports of sunflower oil (TOP-10), USD million

Country	2016	2017	2018	2019	2020	Change, %	
						2020 to 2016	2020 to 2019
The whole world	9 781.3	11 008.4	10 678.8	11 659.3	13 521.9	138.2	116.0
1. Ukraine	3 704.9	4 309.0	4 113.3	4 273.5	5 319.4	143.6	124.5
2. Russian Federation	1 440.1	1 779.3	1 602.1	2 202.8	2 472.1	171.7	112.2
3. Turkey	637.3	550.7	423.0	500.8	736.9	115.6	147.1
4. Netherlands	543.6	563.3	552.7	555.2	731.2	134.5	131.7
5. Hungary	429.7	503.3	514.0	492.1	481.6	112.1	97.9
6. Bulgaria	217.8	279.2	336.9	313.8	455.4	209.1	145.1
7. Argentina	513.9	610.5	567.4	690.8	454.9	88.5	65.9
8. France	454.8	404.6	425.9	360.2	399.5	87.8	110.9
9. Spain	212.7	237.3	233.7	236.9	252.6	118.8	106.6
10. Germany	170.5	179.8	181.7	232.1	223.1	130.9	96.1

Source: compiled from [20; 21].



Сирию, Ливию, Иран и другие страны Азии и Африки. В данных условиях Турция продолжает иметь чистый дефицит в производстве подсолнечника, что ведет к необходимости импорта семян подсолнечника и продуктов его переработки. Дополнительным фактором спроса является то, что страна не одобряет использование генетически модифицированной кукурузы и соевых бобов для переработки и употребления в пищу. Возможность импорта семян подсолнечника и сырого подсолнечного масла в большом количестве в основном из России послужили основой для резкого увеличения маслоперерабатывающей деятельности компаний и роста экспорта, стимулируемого высокой наценкой.

Нидерланды, так же как и Турция, широко используют инструменты реэкспорта. Эта страна является посредником между производителем семян подсолнечника и подсолнечного масла и его потребителями, в частности, между Украиной и странами-импортерами (Германия, Бельгия, Соединенное Королевство, США). Показатели прироста экспорта подсолнечного масла в Нидерландах по сравнению с 2019 г. были третьими в мире (после Турции и Болгарии). На территории страны имеются мощные маслоперерабатывающие компании, которые закупают семена подсолнечника и неочищенное подсолнечное масло.

При этом российским и украинским производителям, имеющим благоприятные условия для возделывания рассматриваемой культуры, не следует недооценивать возможности стран Европы в производстве и экспорте подсолнечника. Дефицит необходимых природных факторов может быть компенсирован разработкой современных технологий и способствовать получению высоких экономических результатов в данной отрасли.

Итоги 2020 г. несколько изменили список крупнейших импортеров растительных масел, включая подсолнечное (таблица 2). Индия за период с 2016 по 2020 гг. по-прежнему являлась безусловным лидером. Импорт подсолнечного масла в этой стране увеличился на 482 млн долл. по сравнению с 2016 г., на 282 млн долл. по сравнению с 2019 г. Турция как один из крупнейших реэкспортеров в 2016 г. занимала вторую строчку в рейтинге, однако к 2020 г. она переместилась на четвертое место.

Второе место занял Китай с объемом 921 млн долл., обогнав Нидерланды, Италию, Испанию, Германию, что связано с ростом численности населения и увеличением потребления подсолнечного масла. При этом объемы импорта пальмового масла в Китае сократились на 1091 млн тонн, составив в 2020 г. 6461 млн тонн. В целом же внутреннее потребление

Таблица 2  
Мировой импорт подсолнечного масла (топ-10), млн долл.

Страна	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Изменение, %	
						2020 г. к 2016 г.	2020 г. к 2019 г.
Весь мир	10 033,9	11 175,7	10 765,2	11 351,1	13 768,1	137,2	121,3
1. Индия	1 316,2	1 865,8	1 910,4	1 797,7	2 079,6	158,0	115,7
2. Китай	825,2	622,7	572,1	920,9	1565,5	189,7	170,0
3. Нидерланды	452,1	531,2	434,9	526,6	751,4	166,2	142,7
4. Турция	1015,3	661,1	400,5	438,1	708,6	69,8	161,7
5. Бельгия	355,1	347,3	383,1	377,7	551,9	155,4	146,1
6. Испания	465,1	647,7	430,3	471,3	522,8	112,4	110,9
7. Италия	391,5	470,5	511,7	526,5	506,2	129,3	96,1
8. Германия	377,0	384,8	410,1	463,4	465,2	123,4	100,4
9. Ирак	423,4	468,2	391,3	363,1	424,9	100,4	117,0
10. Эфиопия	17,9	54,5	74,6	138,6	395,7	2210,6	285,5

Источник: составлено по [20; 21].

Table 2  
World imports of sunflower oil (TOP-10), million USD

Country	2016	2017	2018	2019	2020	Change, %	
						2020 to 2016	2020 to 2019
The whole world	10033.9	11175.7	10765.2	11351.1	13768.1	137.2	121.3
1. India	1316.2	1865.8	1910.4	1797.7	2079.6	158.0	115.7
2. China	825.2	622.7	572.1	920.9	1565.5	189.7	170.0
3. Netherlands	452.1	531.2	434.9	526.6	751.4	166.2	142.7
4. Turkey	1015.3	661.1	400.5	438.1	708.6	69.8	161.7
5. Belgium	355.1	347.3	383.1	377.7	551.9	155.4	146.1
6. Spain	465.1	647.7	430.3	471.3	522.8	112.4	110.9
7. Italy	391.5	470.5	511.7	526.5	506.2	129.3	96.1
8. Germany	377.0	384.8	410.1	463.4	465.2	123.4	100.4
9. Iraq	423.4	468.2	391.3	363.1	424.9	100.4	117.0
10. Ethiopia	17.9	54.5	74.6	138.6	395.7	2210.6	285.5

Source: compiled from [20; 21].

растительных масел в Китае в 2020 г. сократилось на 5 % по сравнению с предыдущим годом. Данное снижение обусловлено преимущественно сокращением использования пальмового и прочих масел в ресторанном бизнесе из-за COVID-19. Таким образом, Китай нарастил закупку подсолнечного масла в прошедшем году вследствие того, что люди стали больше готовить дома, соответственно, увеличилось потребление подсолнечного масла.

Как считают специалисты, основным фактором роста потребления подсолнечного масла в Индии и Китае в ближайшем будущем станет выбор покупателей в основном из-за представления о подсолнечном масле как о более здоровом продукте, чем, например, пальмовое или соевое. Традиционно пальмовое масло больше потребляют в Индии, соевое – в Китае, но в этих странах в последнее время наблюдается замещение этих масел подсолнечным. По данным исследований агентства Ketchum [12], многие жители этих стран считают, что для защиты иммунитета, особенно в условиях пандемии, следует использовать для укрепления здоровья семьи легкоусвояемые масла, причем по доступной цене.

Рассматривая объемы импорта в мировом пространстве и значительную роль России (вторая позиция по продажам) в поставках подсолнечного масла, следует отметить, что не только возросли на 18,3 % объемы ее поставок на мировой рынок за 2020 г., но

и расширилась география экспорта. Помимо Ирака, в число новых партнеров России вошли Уганда, Марокко, Бангладеш, Сингапур, Сирия, Австралия, США. При этом к постоянным потребителям продукции относят Китай, Турцию, Индию, Иран, Египет, Узбекистан, Казахстан, Беларусь [20]. Основным потребителем российского агропродукта на протяжении многих лет считалась Турция, но в 2020 г. первенство закрепилось за Китаем (таблица 3).

С 2019 г. наблюдается тенденция значительного роста поставок подсолнечного масла в Индию, которая ранее являлась традиционным рынком сбыта Украины. Это достижение в расширении российского экспорта связано с предложением компании «ЭФКО» поставлять подсолнечное масло по более низкой цене, что вызвало у Украины определенное недовольство и волнение по поводу потери рынков сбыта.

В экспорте РФ существует возможность расширения реализации масложировой продукции в страны Юго-Восточной Азии, в частности, во Вьетнам. Также представляются перспективными и другие очень важные рынки: страны Ближнего Востока (Саудовская Аравия, Иран) и Африки (Египет, Алжир, Тунис, Ливия, Судан). По оценкам Федерального центра «Агроэкспорт», потенциал рынков африканских стран позволяет увеличить совокупный объем экспорта пшеницы, подсолнечного и соевого масла более чем на 6,5 млрд долл.

Таблица 3  
Структура экспорта подсолнечного масла из России, %

Страны-импортеры	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Всего экспорт, в т. ч. в:	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Китай	4,3	6,8	9,8	12,3	22,8
Иран	3,6	8,1	13,2	17,4	14,2
Турцию	16,9	18,2	15,1	15,4	18,4
Узбекистан	4,2	5,5	6,2	6,2	7,4
Египет	7,4	16,0	14,6	8,0	5,8
Индию	0,0	1,6	0,7	7,4	13,5
Казахстан	4,3	4,1	4,9	4,0	3,9
Беларусь	2,1	4,4	3,8	3,0	2,9
Таджикистан	1,0	2,6	1,9	2,0	1,8
Саудовскую Аравию	1,4	3,1	3,6	2,1	1,5

Источник: составлено по [14; 16].

Table 3  
The structure of exports of sunflower oil from Russia, %

Countries-importers	2016	2017	2018	2019	2020
Total exports, incl. in:	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
China	4.3	6.8	9.8	12.3	22.8
Iran	3.6	8.1	13.2	17.4	14.2
Turkey	16.9	18.2	15.1	15.4	18.4
Uzbekistan	4.2	5.5	6.2	6.2	7.4
Egypt	7.4	16.0	14.6	8.0	5.8
India	0.0	1.6	0.7	7.4	13.5
Kazakhstan	4.3	4.1	4.9	4.0	3.9
Belarus	2.1	4.4	3.8	3.0	2.9
Tajikistan	1.0	2.6	1.9	2.0	1.8
Saudi Arabia	1.4	3.1	3.6	2.1	1.5

Source: compiled from [14; 16].

Матрица парных коэффициентов корреляции

	$Y$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$
$Y$	1,0000				
$X_1$	0,7887	1,0000			
$X_2$	0,8549	0,8067	1,0000		
$X_3$	0,8606	0,9041	0,8961	1,0000	
$X_4$	-0,4421	-0,5487	-0,8345	-0,6420	1,0000

Table 4  
Matrix of pairwise correlation coefficients

	$Y$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$
$Y$	1.0000				
$X_1$	0.7887	1.0000			
$X_2$	0.8549	0.8067	1.0000		
$X_3$	0.8606	0.9041	0.8961	1.0000	
$X_4$	-0.4421	-0.5487	-0.8345	-0.6420	1.0000

Увеличение спроса ожидается не только за счет прироста населения, но и благодаря диверсификации потребления и включению в ассортимент новых продуктов. Дополнительные возможности для России связаны с развитием совместного бизнеса и строительством нового завода по производству спецжиров в Египте (страна логистически удобна и способна принять корабли емкостью 5–6 тыс. тонн), расширением продаж бутилированного масла и запуском брендов «ЭФКО» («Слобода», Altero, Violio) в Северной Африке.

В условиях существования позитивного прогноза развития мирового рынка подсолнечного масла важным является выявление наиболее значимых факторов, влияющих на стоимостной объем российского экспорта ( $Y$ ). Для этого нами в рамках данного исследования был проведен многофакторный корреляционно-регрессионный анализ на основе данных 2013–2020 гг. В качестве факторных признаков были выбраны три показателя внутреннего характера, определяющих объемы производства ( $X_1 - X_3$ ), и один, находящийся под влиянием внешних условий ( $X_4$ ), в том числе:

$X_1$  – урожайность подсолнечника, ц/га;

$X_2$  – производство растительных масел, тыс. тонн;

$X_3$  – посевные площади подсолнечника, тыс. га;

$X_4$  – экспортная цена на подсолнечное масло (средняя статистическая стоимость экспорта), долл.;

В результате процедуры корреляционного анализа получена матрица парных коэффициентов корреляции (таблица 4).

Анализ данных таблицы 4 показывает, что в модели наблюдается мультиколлинеарность факторов, прежде всего, зависимость между  $X_2$  и  $X_1$ , а также  $X_2$  и  $X_3$ . Действительно, производство растительных масел в условиях практически постоянного дефицита по сырью в значительной степени зависит от производства ведущей масличной культуры – семян подсолнечника. В свою очередь, объем последнего определяется величиной посевных площадей и полученной уро-

жайностью. Таким образом, фактор  $X_2$  целесообразно исключить из модели как результирующий.

Что касается взаимосвязи между факторами  $X_1$  и  $X_3$ , то в рамках одного года она, несомненно, отсутствует. Тенденция к росту обоих показателей на протяжении рассматриваемого периода объясняется разными причинами. Расширение посевных площадей подсолнечника связано, прежде всего, с высокой эффективностью его выращивания. Так, например, в Ставропольском крае за последние 5 лет средний уровень рентабельности производства зерна (32 %) был выше уровня рентабельности производства семян подсолнечника (28 %) только в 2019 г. В остальные годы первый показатель изменялся в пределах 41–69 %, второй – 29–45 %. Тенденция же роста урожайности подсолнечника в последние годы, по мнению экспертов, связана как с благоприятными погодными условиями, так и с технологическими достижениями [2, с. 173; 4, с. 74–75].

После исключения фактора  $X_2$  с помощью регрессионного анализа получена следующая модель:

$$Y = -3890,12 + 6,63X_1 + 0,63X_3 + 0,68X_4.$$

Анализ регрессионной статистики свидетельствует о наличии тесной связи между анализируемыми факторами ( $R^2 = 0,761$ ). В процессе корреляционно-регрессионного анализа установлено, что на изменение стоимостного объема экспорта подсолнечного масла в наибольшей степени влияют посевные площади и урожайность подсолнечника (частные коэффициенты эластичности 2,9 % и 0,06 % соответственно).

#### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, перспективы наращивания российского экспорта подсолнечного масла во многом связаны с готовностью российских товаропроизводителей к увеличению производства этой продукции на основе повышения валовых сборов маслосемян. Однако в данной сфере существует ряд технологических проблем. Прежде всего, расширение посевных площадей подсолнечника возможно при размещении данной культуры в короткоротационных севообо-

ротах, чему препятствует фитосанитарная составляющая процесса выращивания данной культуры. Как отмечают специалисты, из-за подверженности подсолнечника поражению специфическими патогенами, которые могут сохраняться в почве длительное время, данную культуру в севообороте следует выращивать на прежнем месте не ранее чем через 8 лет [5, с. 18; 7; 13, с. 82]. Причем если уже выведены гибриды, в большей степени устойчивые к наиболее вредоносному паразиту – заразихе, то угроза поражения ложной мучнистой росой, серой и белой гнилью по-прежнему предъявляет требования к степени насыщения севооборота подсолнечником. В литературе отражено, что пренебрежение данным условием на современном уровне развития технологии ведет к ощутимому снижению урожайности при увеличении доли подсолнечника в посевах свыше 12 %. Эксперты подчеркивают преимущественно экстенсивный характер роста объемов производства подсолнечника в стране, отмечая наибольшее увеличение посевных площадей в тех регионах, которые обеспечивали наименьшую урожайность [2, с. 165; 4, с. 74]. Таким образом, перспективы укрепления экспортного потенциала России на мировом рынке подсолнечного масла во многом определяются совершенствованием технологии выращивания маслосемян.

Другой комплекс проблем, сдерживающих увеличение поставок на экспорт, относится к категории инфраструктурных. Прежде всего, отмечается отсутствие достаточного количества глубоководных терминалов, необходимых для консолидации объемов масла, требующихся для загрузки средне- и крупнотоннажных танкеров [9]. Это ведет не только к заметному удорожанию логистических процессов, но и является одной из причин перераспределения экспорта между маслосеменами и продуктами их переработки (рис. 1).

Данное перераспределение стало одной из причин введения в 2020 г. новой регуляторной политики, включающей пошлину на вывоз маслосемян. Эта мера, направленная на повышения загруженности отечественных перерабатывающих мощностей и сдерживание цен внутреннего рынка, стала дополнительным фактором риска для экспортеров.

Несомненно, что фактор цены является также очень важным для экспорта подсолнечного масла, однако его влияние, как показал корреляционно-регрессионный анализ, значительно меньше, чем влияние факторов сырьевой базы. Динамика экспортных цен на российское подсолнечное масло в целом повторяет тенденции мировых рынков, которые, в свою очередь, находятся под воздействием задающих глобальный тренд цен на соевое и пальмовое масла [17, с. 1069].



Рис. 1. Структура экспорта семян подсолнечника и подсолнечного масла, %.

Источник: составлено по [14; 16]

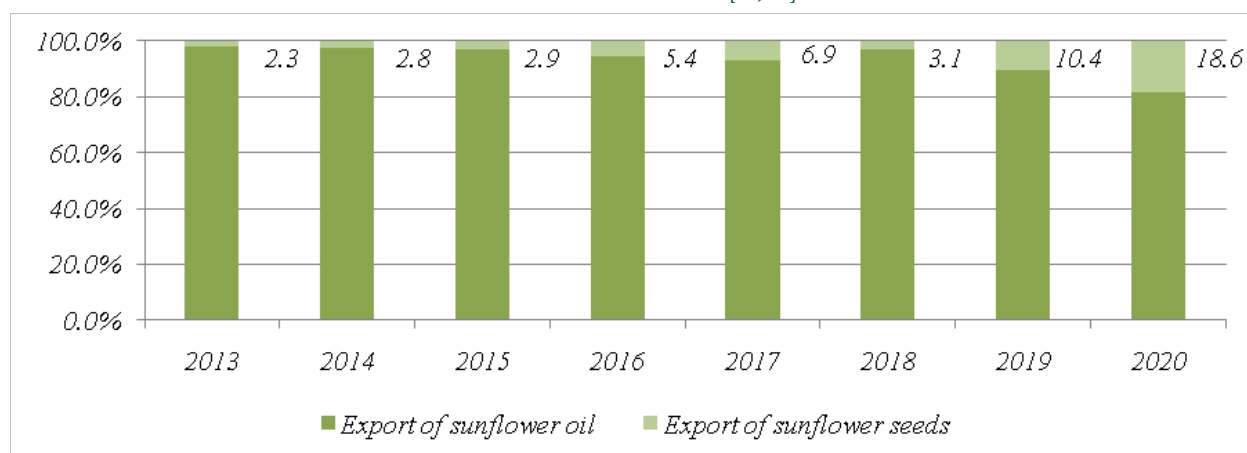


Fig. 1. The structure of exports of sunflower seeds and sunflower oil, %.

Source: compiled from [14; 16]

После многолетнего снижения мировые цены на все виды растительных масел в 2020–2021 гг. впервые вернулись к уровню 2012 г. При этом эксперты, не давая прогнозов на длительный период, полагают, что цены имеют потенциал к дальнейшему укреплению, являясь дополнительным стимулом для роста экспорта (хотя рост цен, в свою очередь, может замедлить увеличение спроса). При этом возможно введение дополнительных регулирующих мер, направленных на защиту интересов отечественных переработчиков и потребителей, например, увеличение ограничительных пошлин [10].

В качестве заключения следует отметить, что проведенный анализ свидетельствует о большом потенциале масложирового подкомплекса в реализации национального проекта «Экспорт продукции АПК». Однако в ближайшие годы Россия не может рассчитывать на лидерство в экспорте подсолнечного масла на

мировом рынке. Расчеты на основе трендового анализа показывают, что при сохранении сложившихся тенденций российские поставки подсолнечного масла на мировой рынок могут достигнуть 5 млн тонн только к 2025 г., в то время как Украина перешагнула этот рубеж еще в 2017 г. Очевидно, что изменение ситуации за счет рассмотренных в данной статье факторов не может быть быстрым.

Для существенного увеличения экспорта подсолнечного масла и укрепления конкурентных позиций нашей страны на мировом рынке необходим комплексный подход. Он должен включать не только меры по развитию внешнеторговой деятельности и ее инфраструктурного обеспечения, но и поиск наукоемких решений для развития сырьевой базы в части оптимального размещения и концентрации посевов подсолнечника, селекционных достижений, технологий ухода за посевами.

### Библиографический список

1. Белокрылова О. С., Ситухо А. Н. Региональный рынок зерновых и масличных культур в условиях пандемии коронавируса (на примере Ростовской области) // Научные труды Вольного экономического общества России. 2020. Т. 224. № 4. С. 168–181.
2. Борисенко О. М., Морева Л. А., Морев И. А., Еременко А. Ю. Современное состояние территориальной организации производства подсолнечника в России // Вестник Краснодарского регионального отделения Русского географического общества: сборник статей. Краснодар, 2020. С. 160–169.
3. Бородин К. Г., Фролова Е. Ю. Развитие российского экспорта подсолнечного масла // Российский внешнеэкономический вестник. 2019. № 6. С. 48–64.
4. Воробьев С. П., Воробьева В. В. Экологические аспекты эффективного возделывания подсолнечника в России // Экономическое развитие региона: управление, инновации, подготовка кадров. 2020. № 7. С. 72–75.
5. Выприцкая А. А., Кузнецов А. А. Заразиха подсолнечника в Тамбовской области // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2021. № 2 (65). С. 17–20.
6. Гончаров В. Д., Котеев С. В., Рау В. В. Экспорт растительного масла – драйвер экономики АПК // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2021. № 8. С. 40–44.
7. Доклад «Состояние рынка семян подсолнечника в Российской Федерации» [Электронный ресурс] // Саморегулируемая организация «Национальная ассоциация производителей семян кукурузы и подсолнечника». URL: [narksk.ru/media/upload/\\_sostoyanie\\_rynka\\_semyan\\_podsolnechnika\\_2018.pdf](http://narksk.ru/media/upload/_sostoyanie_rynka_semyan_podsolnechnika_2018.pdf) (дата обращения: 10.09.2021).
8. Мировое производство подсолнечника по странам [Электронный ресурс] // Карты и статистика мира и регионов. URL: [www.atlasbig.com/ru](http://www.atlasbig.com/ru) (дата обращения: 10.09.2021).
9. Нужен объединенный трейдер, который консолидирует объемы [Электронный ресурс] // Агроэкспорт. URL: [www.career.mgimo.ru/page/adaptive/id377276/blog/11593062/?ssoRedirect=true&ssoRedirect=true](http://www.career.mgimo.ru/page/adaptive/id377276/blog/11593062/?ssoRedirect=true&ssoRedirect=true) (дата обращения 10.09.2021).
10. О ценах на подсолнечное масло в России в 2012–2021 гг. [Электронный ресурс] // Экспертно-аналитический центр Агробизнеса. URL: [www.ab-centre.ru/news/o-cenah-na-podsolnechnoe-maslo-v-rossii-v-2012-2021-gg](http://www.ab-centre.ru/news/o-cenah-na-podsolnechnoe-maslo-v-rossii-v-2012-2021-gg) (дата обращения: 10.09.2021).
11. Папцов А. Г., Шеламова Н. А. Поддержка экспорта масложировой продукции в зарубежных странах // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2021. № 1 (70). С. 5–18.
12. Российский рынок семян подсолнечника и продуктов их переработки – тенденции и прогнозы [Электронный ресурс] // Информагентство «Зерно Он-Лайн». URL: [www.zol.ru/n/341c2](http://www.zol.ru/n/341c2) (дата обращения: 10.09.2021).
13. Силаева Л. П. Пространственная организация производства семян масличных культур // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 2 (38). С. 79–88.
14. Участникам ВЭД [Электронный ресурс] // Федеральная таможенная служба Российской Федерации. URL: <https://customs.gov.ru/uchastnikam-ved> (дата обращения: 20.09.2021).
15. Шевцова Н. М., Когтева А. Н. Тенденции развития рынка растительных масел // Научный результат. Экономические исследования. 2020. Т. 6. № 2. С. 35–41.
16. Экспорт из России «Жиры и масла» [Электронный ресурс] // Экспорт и импорт по товарам и странам. URL: [ru-stat.com/date-M201701-201712/RU/export/world/01](http://ru-stat.com/date-M201701-201712/RU/export/world/01) (дата обращения: 10.09.2021).

17. Azam A. H. M., Sarmidi T., Nor A. H. S. M., Zainuddin M. R. K. V. Co-movement among world vegetable oil prices: A wavelet-based analysis // *International Journal of Business and Society*. 2020. Vol. 21. No. 3. Pp. 1068–1086.
18. Borodin K., Salnikov S. Development of Sunflower Oil Exports in Russia and the EEU: Main Trends, Prospects, and Evaluations by the Gravity Model // *International Economic Journal*. 2018. Vol. 32. No. 3. Pp. 418–437.
19. Butakova M. M., Borisova O. V., Goryaninskaya O. A. Exports of Vegetable Oils to Asian Markets: Opportunities, Risks, and Prospects // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 670. Article number 012045.
20. International Trade Center Trade Map (ITC Trade Map). Trade map database [e-resource]. URL: <https://www.trademap.org/Index.aspx> (date of reference: 06.09.2021).
21. Trading economics [e-resource]. URL: <https://www.tradingeconomics.com> (date of reference: 06.09.2021).

**Об авторах:**

Наталья Владимировна Банникова<sup>1</sup>, доктор экономических наук, профессор, ORCID 0000-0002-9796-9656, AuthorID 268511; +7 962 400-98-45, [nbannikova@mail.ru](mailto:nbannikova@mail.ru)

Наталья Валерьевна Воробьева<sup>1</sup>, кандидат экономических наук, доцент, ORCID 0000-0002-2786-826X, AuthorID 616240; +7 906 465-24-92, [vorobeva1979@mail.ru](mailto:vorobeva1979@mail.ru)

Елена Георгиевна Пупынина<sup>1</sup>, кандидат экономических наук, доцент, ORCID 0000-0001-6326-7149, AuthorID 619011; +7 909 773-21-65, [elenapupinina@mail.ru](mailto:elenapupinina@mail.ru)

<sup>1</sup>Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

## Russian export of sunflower oil: trends and development factors

N. V. Bannikova<sup>1</sup>, N. V. Vorobyeva<sup>1✉</sup>, E. G. Pupynina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

✉E-mail: [vorobeva1979@mail.ru](mailto:vorobeva1979@mail.ru)

**Abstract.** The purpose of the this study is to clarify the place of Russia in the world trade in sunflower oil in modern conditions and the development trends of Russian exports of this product, to identify the main factors that have a positive and negative impact on exports. To achieve the goal, the following tasks have been set: 1) to analyze trends in the global structure of exports and imports of sunflower oil; 2) assess the impact of the most significant factors in the dynamics of Russian exports; 3) investigate the problems associated with these factors. Statistical, analytical, monographic and graphical **methods** were used. Correlation-regression analysis was used to identify factors influencing the dynamics of Russian sunflower oil exports. **Results.** Demand for sunflower oil in many countries is growing steadily, as a result of which the value of its world exports has increased by more than a third in 5 years. Despite the fact that Russia is still significantly inferior to Ukraine in terms of export volumes, its position in this segment has strengthened: the share of Russian sunflower oil in the world market has increased from 14.7 % in 2016 to 18.3 % in 2020. To maintain positive trends, it is necessary to expand the geography of exports in promising areas (the countries of the Middle East, Africa, Southeast Asia), as well as improve the infrastructure support for exports. The results of the correlation-regression analysis showed that the main influence on the dynamics of Russian exports is provided by the factors of the raw material base. The article studies the obstacles to the growth of acreage and sunflower yields, considers the directions for solving the tasks facing the oil and fat subcomplex of the agro-industrial complex. **Scientific novelty** lies in assessing the influence of the main factors on the value of Russian exports of sunflower oil and characterizing the complex of problems existing in this context.

**Keywords:** sunflower, fat-and-oil subcomplex of agro-industrial complex, sunflower oil, export, import, price.

**For citation:** Bannikova N. V., Vorobyeva N. V., Pupynina E. G. Rossiyskiy eksport podsolnechnogo masla: tendentsii i faktory razvitiya [Russian export of sunflower oil: trends and development factors] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022. No. 01 (216). Pp. 76–85. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-76-85. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 21.09.2021, **date of review:** 01.10.2021, **date of acceptance:** 14.10.2021.

### References

1. Belokrylova O. S., Situkho A. N. Regional'nyy rynek zernovykh i maslichnykh kul'tur v usloviyakh pandemii koronavirusa (na primere Rostovskoy oblasti) [Regional market of grains and oilseeds in the context of the coronavirus pandemic (on the example of the Rostov region)] // *Nauchnyye trudy Vol'nogo ekonomicheskogo obshchestva Rossii*. 2020. Vol. 224. No. 4. Pp. 168–181. (In Russian.)

2. Borisenko O. M., Moreva L. A., Morev I. A., Eremenko A. Yu. Sovremennoye sostoyaniye territorial'noy organizatsii proizvodstva podsolnechnika v Rossii [The current state of the territorial organization of sunflower production in Russia] // Vestnik Krasnodarskogo regional'nogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva: sbornik statey. Krasnodar, 2020. Pp. 160–169. (In Russian.)
3. Borodin K. G., Frolova E. Yu. Razvitie rossiyskogo eksporta podsolnechnogo masla [Development of Russian exports of sunflower oil] // Russian Foreign Economic Bulletin. 2019. No. 6. Pp. 48–64. (In Russian.)
4. Vorob'yev S. P., Vorob'yeva V. V. Ekologicheskiye aspekty effektivnogo vozdeystviya podsolnechnika v Rossii [Environmental aspects of efficient sunflower cultivation in Russia] // Ekonomicheskoye razvitiye regiona: upravleniye, innovatsii, podgotovka kadrov. 2020. No. 7. Pp. 72–75. (In Russian.)
5. Vypritskaya A. A., Kuznetsov A. A. Zarazikha podsolnechnika v Tambovskoy oblasti [Sunflower broomrape in the Tambov region] // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. No. 2 (65). Pp. 17–20. (In Russian.)
6. Goncharov V. D., Koteyev S. V., Rau V. V. Eksport rastitel'nogo masla – drayver ekonomiki APK [Export of vegetable oil - the driver of the economy of the agro-industrial complex] // Economy of agricultural and processing enterprises. 2021. No. 8. Pp. 40–44. (In Russian.)
7. Doklad “Sostoyaniye rynka semyan podsolnechnika v Rossiyskoy Federatsii” [Report “The state of the sunflower seed market in the Russian Federation”] [e-resource] // Samoreguliruyemaya organizatsiya “Natsional'naya assotsiatsiya proizvoditeley semyan kukuruzy i podsolnechnika”. URL: [www.napksk.ru/media/upload/\\_sostoyanie\\_rynka\\_semyan\\_podsolnechnika\\_2018.pdf](http://www.napksk.ru/media/upload/_sostoyanie_rynka_semyan_podsolnechnika_2018.pdf) (date of reference: 10.09.2021). (In Russian.)
8. Mirovoye proizvodstvo podsolnechnika po stranam [Mirovoye proizvodstvo podsolnechnika po stranam] [e-resource] // Karty i statistika mira i regionov. URL: [www.atlasbig.com/ru](http://www.atlasbig.com/ru) (date of reference: 10.09.2021). (In Russian.)
9. Nuzhen ob'yedinennyy treyder, kotoryy konsolidiruyet ob'yemy [We need a united trader who consolidates volumes] [e-resource] // Agroekspert. URL: [www.career.mgimo.ru/page/adaptive/id377276/blog/11593062/?ssoRedirect=true&ssoRedirect=true](http://www.career.mgimo.ru/page/adaptive/id377276/blog/11593062/?ssoRedirect=true&ssoRedirect=true) (date of reference: 10.09.2021). (In Russian.)
10. O tsenakh na podsolnechnoye maslo v Rossii v 2012–2021 gg. [On prices for sunflower oil in Russia in 2012–2021] [e-resource] // Ekspertno-analiticheskiy tsentr Agrobiznesa. URL: [www.ab-centre.ru/news/o-cenah-na-podsolnechnoe-maslo-v-rossii-v-2012-2021-gg](http://www.ab-centre.ru/news/o-cenah-na-podsolnechnoe-maslo-v-rossii-v-2012-2021-gg) (date of reference: 10.09.2021). (In Russian.)
11. Paptsov A. G., Shelamova N. A. Podderzhka eksporta maslozhirovoy produktsii v zarubezhnykh stranakh [Support for the export of oil and fat products in foreign countries] // Economics, labor, management in agriculture. 2021. No. 1 (70). Pp. 5–18. (In Russian.)
12. Rossiyskiy rynek semyan podsolnechnika i produktov ikh pererabotki – tendentsii i prognozy [The Russian market of sunflower seeds and products of their processing – trends and forecasts] [e-resource] // Informagentstvo “Zerno On-Layn”. URL: [www.zol.ru/n/341c2](http://www.zol.ru/n/341c2) (date of reference: 10.09.2021). (In Russian.)
13. Silayeva L. P. Prostranstvennaya organizatsiya proizvodstva semyan maslichnykh kul'tur [Spatial organization of oilseed production] // Zernobobovyye i krupyanyye kul'tury. 2021. No. 2 (38). Pp. 79–88. (In Russian.)
14. Uchastnikam VED [Participants of foreign economic activity] [e-resource] // Federal'naya tamozhennaya sluzhba Rossiyskoy Federatsii. URL: <https://customs.gov.ru/uchastnikam-ved> (date of reference: 10.09.2021). (In Russian.)
15. Shevtsova N. M., Kogteva A. N. Tendentsii razvitiya rynka rastitel'nykh masel [Vegetable Oil Market Development Trends] // Nauchnyy rezul'tat. Ekonomicheskkiye issledovaniya. 2020. Vol. 6. No. 2. Pp. 35–41. (In Russian.)
16. Eksport iz Rossii “Zhiry i masla” [Export from Russia “Fats and oils”] [e-resource] // Eksport i import po tovaram i stranam. URL: [ru-stat.com/date-M201701-201712/RU/export/world/01](http://ru-stat.com/date-M201701-201712/RU/export/world/01) (date of reference: 10.09.2021). (In Russian.)
17. Azam A. H. M., Sarmidi T., Nor A. H. S. M., Zainuddin M. R. K. V. Co-movement among world vegetable oil prices: A wavelet-based analysis // International Journal of Business and Society. 2020. Vol. 21. No. 3. Pp. 1068–1086.
18. Borodin K., Salnikov S. Development of Sunflower Oil Exports in Russia and the EEU: Main Trends, Prospects, and Evaluations by the Gravity Model // International Economic Journal. 2018. Vol. 32. No. 3. Pp. 418–437.
19. Butakova M. M., Borisova O. V., Goryaninskaya O. A. Exports of Vegetable Oils to Asian Markets: Opportunities, Risks, and Prospects // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 670. Article number 012045.
20. International Trade Center Trade Map (ITC Trade Map). Trade map database [e-resource]. URL: <https://www.trademap.org/Index.aspx> (date of reference: 06.09.2021).
21. Trading economics [e-resource]. URL: <https://www.tradingeconomics.com> (date of reference: 06.09.2021).

#### Authors' information:

Natalya V. Bannikova<sup>1</sup>, doctor of economics sciences, professor, ORCID 0000-0002-9796-9656, AuthorID 268511; +7 962 400-98-45, [nbannikova@mail.ru](mailto:nbannikova@mail.ru)

Natalya V. Vorobyeva<sup>1</sup>, candidate of economic sciences, associate professor, ORCID 0000-0002-2786-826X, AuthorID 616240; +7 906 465-24-92, [vorobeveva1979@mail.ru](mailto:vorobeveva1979@mail.ru)

Elena G. Pupynina<sup>1</sup>, candidate of economic sciences, associate professor, ORCID 0000-0001-6326-7149, AuthorID 619011; +7 909 773-21-65, [elenapupinina@mail.ru](mailto:elenapupinina@mail.ru)

<sup>1</sup> Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

## Sustainable development of the agro-industrial complex of Kazakhstan as the basis of the country's food security

O. I. Malyarenko<sup>1</sup>, G. M. Kushebina<sup>2</sup>✉

<sup>1</sup> Kostanay Branch of Chelyabinsk State University, Kostanay, Republic of Kazakhstan

<sup>2</sup> Kostanay Engineering and Economic University named after. M. Dulatov, Kostanay, Republic of Kazakhstan

✉ E-mail: [duz\\_77@mail.ru](mailto:duz_77@mail.ru)

**Abstract.** The purpose. Assessment of the current state of the agro-industrial complex of Kazakhstan, its role in ensuring the country's food security, substantiation of the directions of its development and minimization of threats to food security. **Methods.** In the course of the study, analytical and economic-statistical methods, general scientific methods of systemic, comparative and structural-logical analysis were used. **Results.** The article presents the results of an assessment of the current state of agriculture in the Republic of Kazakhstan and the main criteria for the country's food security: dynamics and volume of sown areas, livestock and poultry, crop yields, dynamics of crop and livestock production, volumes and dynamics of imports and exports of food products, the level depreciation of fixed assets and provision of agricultural producers with machinery. The main problems of agricultural production are identified, the threats to the country's food security are identified. Measures of state support and state regulation of the agro-industrial complex of the country aimed at its further development, increasing the efficiency of its activities, increasing the competitiveness of domestic products in the domestic and foreign markets, saturating the domestic market with socially significant food products in order to ensure the country's food security are disclosed. The trends in the development of the agro-industrial complex within the framework of the main state development programs are given: Concepts for the development of the agro-industrial complex of Kazakhstan for 2021–2030 and the National project for the development of the agro-industrial complex for 2021–2025. **Scientific novelty** lies in the study of the problems of the country's food security and the sustainable development of the agro-industrial complex, and the determination of the main directions for the development and state support of agricultural production in order to increase the level of the country's food security.

**Keywords:** food security, food security indicators, food import and export, government support, subsidies, depreciation of fixed assets, government development programs, agricultural production, food security threats, development directions.

**For citation:** Malyarenko O. I., Kushebina G. M. Sustainable development of the agro-industrial complex of Kazakhstan as the basis of the country's food security // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 01 (216). Pp. 86–91. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-86-91.

**Date of paper submission:** 29.11.2021, **date of review:** 07.12.2021, **date of acceptance:** 13.12.2021.

### Introduction

Today, the agro-industrial complex of Kazakhstan is one of the important sectors of the economy, which forms the food and economic security of the country, as well as the labor potential of those employed in agricultural production. Food security is the degree to which the population of the country is provided with environmentally friendly and healthy food products of domestic production at scientifically based standards and affordable prices [1, p. 63].

The problem of ensuring the country's food security is a strategic one, since food security is the basis of the national security of the state. Fundamental issues of food security and reducing the risks of future food shortages constitute a critical function of the agricultural sector of the economy. In this regard, there is a need for a new, verified approach to the sustainable development of the

agricultural sector, creating conditions for the processing of raw materials within the country, attracting investments and the latest agricultural technologies, ensuring the stability of state support measures, and increasing their effectiveness [2].

That is why the issues of food independence of Kazakhstan, providing the country's population with high-quality food, the need for state support for agricultural producers acquire national economic significance, which determines the relevance of the research topic.

The purpose of the study is to analyze the current state of agricultural production in Kazakhstan, indicators of its food security, identify the main problems in the development of the agricultural sector and threats to food security, determine priority areas for the development and state support of the country's agro-industrial complex.



Recently, scientific research in the field of ensuring the country's food security, the relevance of state support and regulation of agricultural producers are reflected in the works of: N. I. Shagaida [1], L. P. Goncharenko [3], S. V. Dokholyan [4], I. P. Chupina [14], Sh. K. Nurbekova, M. A. Akhmedieva [5], G. M. Dyuzelbaeva, O. I. Malyarenko [10], L. A. Kopteva [16].

The literature review revealed the importance of continuing research in this area and studying a wide range of issues related to food security and sustainable development of the country's agro-industrial complex.

#### Methods

In the course of the study, analytical and economic-statistical methods, general scientific methods of systemic, comparative and structural-logical analysis were used.

#### Results

Ensuring the food security of the country depends on two main aspects:

1) the level of development of agricultural production, which allows satisfying the demand for food products in the amount of at least 80 % of the needs of the domestic market, i.e. food independence;

2) the level of purchasing power of the population in the amounts determined by the executive authorities as a living wage, i.e. accessibility for every citizen of the country of food [3, p. 163].

The state and sustainable development of the country's agriculture has a direct and immediate impact on food security. The degree of ensuring the food security of the state depends, first of all, on the "basic potential of agricultural production" [4, p. 1878].

To assess the level of food security, the system of the following indicators is used (Fig. 1).

Thus, for Kazakhstan, the optimal approach to solving the problem of food security should be considered self-sufficiency in products, that is, the sustainable development of the agricultural sector. Today, the agricultural production of Kazakhstan has all the opportunities and conditions to fully meet the needs of the domestic market with agricultural products, and the necessary production volumes for its export.

Consider the main indicators characterizing the state of agriculture in Kazakhstan (table 1).

Over the past three years, agricultural production in Kazakhstan has shown a steady growth trend. Agriculture creates about 5 % of the country's gross domestic product. In 2020, the gross agricultural output amounted to 6.3 trillion tenge, which is higher than the level of 2018 by 41.5 %, in real terms by 2 %. Gross crop production for the study period shows an increase of 53 %, livestock production 28.6 %, sown areas for the study period increased by 4.8 % and amounted to 15 878.4 thousand hectares at the end of 2020. The structure of sown areas for 2018–2020 remains practically unchanged, on average 75 % is occupied by grain crops, however, the diversification of the structure of sown areas continues, the crops of vegetables, oilseeds, and fodder crops are increasing. The yield of grain and leguminous crops shows a downward trend in 2020 by 5 %, however, compared to 2019, it is growing, the average yield for the analyzed period was 12.6 c/ha, yield fluctuations are insignificant, which indicates the stability of the country's grain production.

Livestock production for the study period mainly shows a growth trend – the number of cattle increased by 9.7 %, milk production by 365.2 thousand tons, meat production by 109.2 thousand tons. In 2020, there was a decrease in the number of poultry by 2 % compared to 2019, due to an outbreak of bird flu, however, the state took measures to support and restore the number of birds in personal subsidiary farms and poultry farms and compensated damage to individuals and legal entities in the amount of 3, 0 billion tenge.

In general, the profitability of agricultural production in Kazakhstan increased by 4.3 % over the period 2018–2020, while labor productivity increased by 11 % over the period under study. It can be noted that over the past few years, thanks to increased attention to agricultural producers by the state, it was possible to stabilize the situation in the industry.

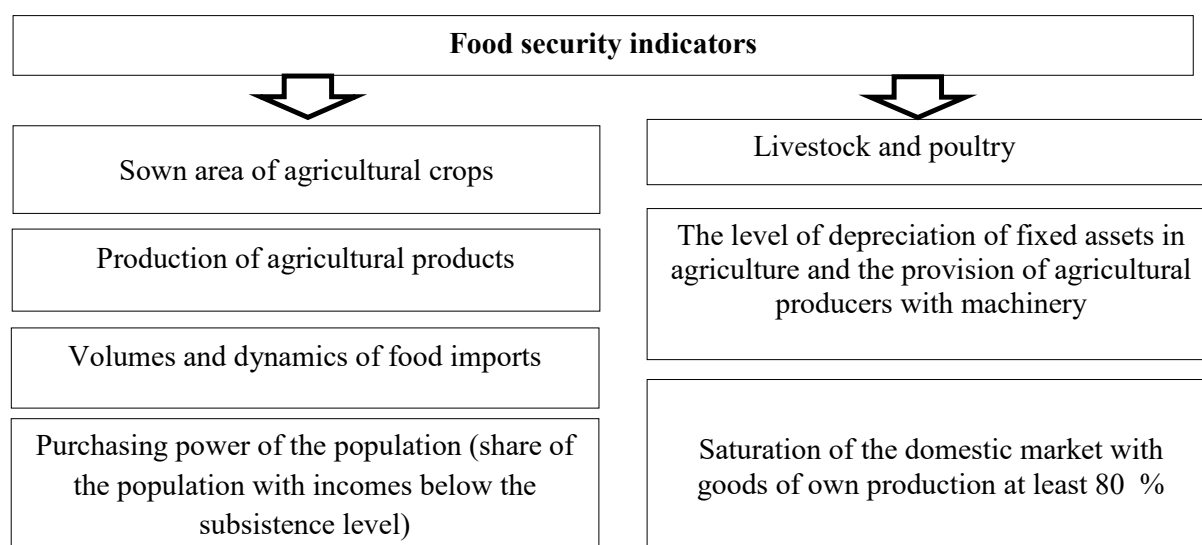


Fig. 1. Food security indicators

Table 1  
Main economic indicators of agricultural production in Kazakhstan

Indicators	2018	2019	2020	Growth rate, %
Gross output of agricultural products (services) at current prices, million tenge	4 474 088.1	5 151 163	6 334 668.8	141.5
Gross crop production, million tenge	2 411 486.7	2 817 660.6	3 687 310.3	153
Gross livestock production million tenge	2 050 455.8	2 319 496.7	2 637 460.7	128.6
Index of physical volume of gross output (services) of agriculture, as a percentage of the previous year	103.5	99.9	105.7	102
Cultivated areas, thousand hectares, including	15 150	15 396.6	15 878.4	104.8
for grain crops	11 409.8	11 413.9	12 182.6	106.8
Productivity of grain and leguminous crops, c/ha	13.5	11.4	12.8	95
Number of cattle, heads	7 150.9	7 436.4	7 850	109.7
Bird, million heads	44.3	45	43.3	98
Pigs, heads, thousand heads	815.1	798.7	813.3	99.7
Meat production in slaughter weight, thousand tons	1 059.4	1 120.6	1 168.6	110.3
Milk production, thousand tons	5 686.2	5 864.9	6 051.4	106.4
Labor productivity, thousand tenge per person	2 311.1	2 466	2 959.2	111
Profitability (loss) of agricultural production, total %	62.5	64.3	65.2	104.3

Source: [13].

However, despite the positive dynamics in the development of the industry until food security is fully ensured, the growth rate is insufficient, there are problems in the industry that may become threats to the country's food security in the future and today require their neutralization. These include:

- low share of agricultural products in the country's GDP (5.1 % in 2020) (despite the fact that Kazakhstan ranks second in the world in terms of arable land per capita, 43 % of the country's population is rural);
- raw material orientation of exports of agricultural products and their low competitiveness;
- a fairly high share of food imports;
- insufficient level of veterinary and food safety;
- high level of wear of the main types of agricultural machinery;
- insufficient pace of renewal of agricultural machinery;
- saturation of the domestic market with nationally produced foodstuffs less than 80 %;
- insufficient efficiency of state regulation of the industry.

Today, about 70 % of agricultural products produced in Kazakhstan are sold as raw materials, without processing, and finished products have a weak competitiveness. The share of food imports in domestic consumption remains very significant. Consider the general trend in the dynamics of imports and exports of agricultural products in Kazakhstan (Fig. 2).

The overall dynamics of exports and imports of agro-industrial products of Kazakhstan over the past three years has changed slightly, traditionally, exports of agro-industrial complex products are less than imports. The share of processed products in exports has increased over the past three years from 36.7 % in 2018 to 39.9 % in 2020.

The normative level of food imports, according to international assessment standards, should be in the range from 18 % to 35 %, which will not threaten the country's food security [5].

Kazakhstan in terms of total imports is within the standard – 11 %. If we consider imports by individual groups of goods, the situation is different: according to the Ministry of Agriculture, in 2019–2020, Kazakhstan imported about 40 % of dairy, 29 % of meat (the country buys abroad annually 150 thousand tons of chicken, 25 thousand tons of beef, 70 thousand tons of sausages) and about 43 % – fruits and vegetables. However, positive developments can also be noted, for example, in 2020, the share of poultry meat imports decreased by 3.7 % compared to 2018 and amounted to 45.3 %. This decrease is due to the start of operation of Makinskaya Poultry Farm LLP in the Akmola region, the productivity of which is 25 thousand tons of poultry meat per year and the expansion of the activities of the operating poultry farm of Aulie Ata Phoenix LLP in the Zhambyl region with a poultry meat productivity of up to 8,000 tons per year.

To date, the country is still dependent on imported products, which is a potential threat not only to food, but also to the economic security of the country. A positive moment is the increase in exports of agricultural products of Kazakhstan in 2020 by 174 million USD, while the volume of exports of processed agricultural products increased by 3.2 % and amounted to 1.3 billion USD.

For the purpose of import substitution in Kazakhstan, programs for the development of dairy farming, poultry farming and pig breeding are being implemented. In 2020, investments in the amount of 559 billion tenge were attracted to the agro-industrial complex and 94 investment projects were launched. Promising investment projects include the construction of a meat processing plant with the participation of a large American multinational company in the field of meat processing “Tyson Foods Inc.” and construction of a plant for the production of modern irrigation systems “Valmont Industries” (USA). For both projects, agreements were signed at the level of the Government of the Republic of Kazakhstan [6].

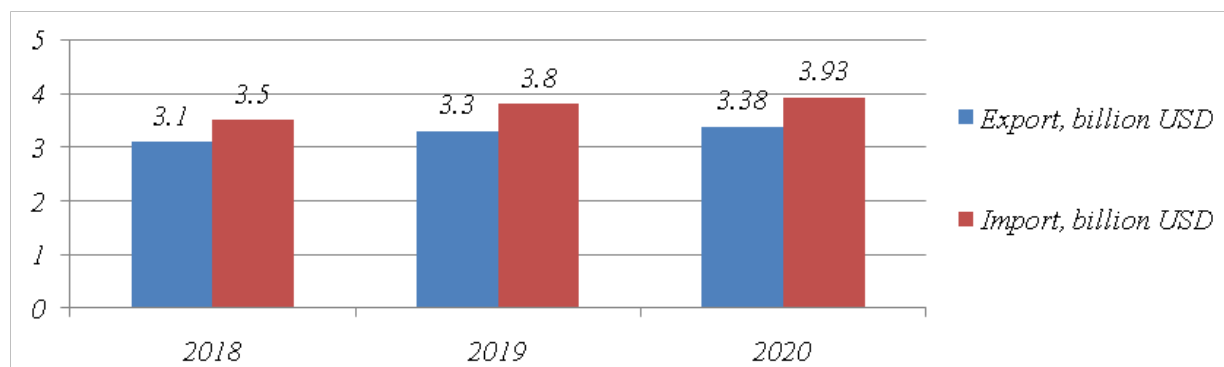


Fig. 2. Dynamics of import and export of agricultural products in Kazakhstan

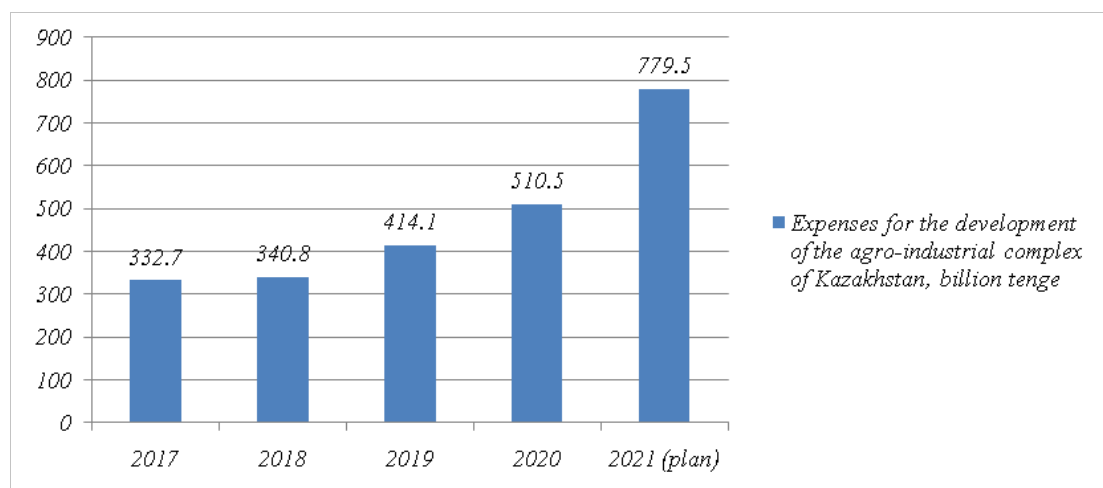


Fig. 3. Dynamics of public spending on the development of the agro-industrial complex of Kazakhstan

One of the most important indicators of food security is the level of depreciation of fixed assets in agriculture and the provision of agricultural producers with machinery. The average depreciation period of agricultural machinery is 10–12 years; today, 80 % of tractors, 51 % of combines, 86 % of seeders and 71 % of reapers operate in the agricultural production of Kazakhstan with a service life of over 15 years. The average renewal rate for 2019–2020 reached 4 % (3.5 % in 2018), with the required technological level from 10 to 12.5 % per year and a minimum technological level of 6 %. Good rates of equipment renewal in Karaganda (4.6 %), Akmola (4.5 %), Zhambyl (4.4 %), East Kazakhstan and Aktobe (4.3 %) regions. Low rates of renewal are observed in Almaty and Turkestan regions (2.8 % and 1.8 %) [7].

In 2020, the pace of renewal of the machine and tractor fleet was increased to 4.1 %. About 15.3 thousand units of agricultural machinery were purchased against 12 thousand units in 2019. The renewal of equipment was facilitated by subsidizing 25 % of the cost of purchased agricultural equipment and reducing the cost of annual interest rates by 10 % on loans and leasing, as well as the possibility of obtaining investment subsidies in advance to use them as a down payment for leasing equipment [8].

However, today in the agricultural sector of the country the volume of agricultural machinery that needs to be written off is very high and this slows down the pace of technical renewal of the industry. In order to increase labor productivity in agriculture, it is necessary to increase

the pace of renewal of the machine and tractor fleet, the depreciation of which today is about 80 %, since the purchased new equipment is too small a share of the entire fleet.

It is impossible to solve the problems of further sustainable development of agricultural production, import substitution, increasing exports, updating the material and technical base of the country's agro-industrial complex without the support of the state and state regulation. State regulation is the economic impact of the state on the production, processing, sale of agricultural raw materials and agro-industrial products, on production and technical services and logistics of producers [9].

The implementation of state support for the agro-industrial complex of Kazakhstan is carried out through state programs for the development of the agro-industrial complex of the country. The total costs provided for in the republican and local budgets for the implementation of the “Program for the Development of the Agro-Industrial Complex of the Republic of Kazakhstan for 2017–2021” will amount to 2377.6 billion tenge at the end of 2021 (Fig. 3) [10].

The amounts are adjusted in accordance with the state budget for the corresponding financial year based on investment programs and programs for the development of the agro-industrial complex in the regions (5). In 2019, 324 billion tenge and in 2020, 394 billion tenge from government payments were subsidies or direct payments to agricultural producers [11].

In animal husbandry, subsidies are mainly aimed at reducing the cost of purchased breeding animals, the cost of conducting selection and breeding work, artificial insemination of farm animals, reducing the cost of production and processing of livestock products (meat, milk, wool).

In crop production, the cost of mineral fertilizers, herbicides, bioagents and biological products, seeds, fuels and lubricants and other inventory items is traditionally subsidized, as well as the production and processing of grain, beets, cotton, sunflower.

However, with ever-increasing state support for the industry, there is also a systematic underfunding of it, for example, in 2019, 82 % of the planned financial resources were allocated for the development of the industry (plan – 507.6 billion tenge, actual – 414.1 billion tenge), and in 2018 – only 75 %, in 2020, out of the 745.6 billion tenge planned in the State Program, 510.5 billion tenge or 68 % were actually allocated, 508.5 billion tenge were disbursed. Insufficient financing of the industry by the state directly affects the decrease in its efficiency and failure to achieve the main indicators of development and food security.

#### Discussion and Conclusion

Today, the country's agro-industrial policy is aimed at increasing the efficiency and competitiveness of domestic producers, reducing food dependence, reliable provision of the population of the republic with agricultural products and improving the quality of products [12].

In order to further sustainable development of the agro-industrial complex and ensure the country's food security, the Ministry of Agriculture of Kazakhstan developed the "Concept for the development of the agro-industrial complex of Kazakhstan for 2021–2030" and the "National project for the development of the agro-industrial complex for 2021–2025". The concept defines the priorities and vectors for the development of the industry for the long term, therefore, it includes systemic measures, including changes in legislation and the regulatory framework. The national project is focused on solving specific tasks and projects that require concentration of efforts and resources [15].

To further ensure the country's food security and improve the efficiency of agricultural production, it is proposed to introduce the following measures:

1. Increasing the effectiveness of state support measures, taking into account the phased introduction of counter obligations for business, regulatory consolidation and specialization of regions. Regulatory consolidation will allow farmers to plan their activities for the long term and ensure the stability of development. Preliminary assessment of the specialization of the region, its natural and climatic conditions, socio-economic level of development will make it possible to more effectively implement state policy.

2. Expansion of lending channels and financing instruments for the subjects of the agro-industrial complex,

further improvement of the insurance system in the agro-industrial complex. Since 2020, amendments to the Law of the Republic of Kazakhstan "On State Regulation of the Development of the Agro-Industrial Complex and Rural Territories" have come into force, providing for the introduction of a new system of voluntary insurance in the agro-industrial complex and the loss of the Law of the Republic of Kazakhstan "On Compulsory Insurance in Crop Production". The new system provides state support in the form of subsidizing insurance premiums in the amount of 50 %. In 2022, it is planned to increase the financing of the program for subsidizing interest rates when lending to subjects of the agro-industrial complex by second-tier banks. The subsidizing of interest rates for the purchase of agricultural machinery, technological equipment and farm animals on lease will also continue. It is planned to introduce a program of investment subsidies, which provides for the reimbursement of expenses for investment investments of agricultural producers in the amount of 25 %. It is planned to further promote and introduce a new mechanism for guaranteeing loans from second-tier banks for subjects of the agro-industrial complex. The guarantor under this program will be the Fund for Financial Support of Agriculture JSC. The new guarantee mechanism will help commercial banks reduce credit risks when issuing agricultural loans and make the agricultural sector more attractive for banks in terms of financing. First of all, the guarantee will be issued for the implementation of investment projects in agriculture, which require medium-term and long-term credit resources, in case of insufficient collateral. The guarantee fee is 30 % of the amount of the guarantee, of which 29.9 % is paid by the local executive body, 0.1 % is paid by the subject of the agro-industrial complex.

3. Saturation of the domestic market with socially significant food products at the level of 80 %, through the implementation of investment projects for import substitution, increasing the share of local content in public procurement, strengthening quality control and safety of goods. By 2025, it is planned to put into operation 845 investment projects worth 4,560 billion tenge in the republic, which will increase the volume of agricultural production. The Ministry of Agriculture oversees the implementation of these investment projects at all stages of their life cycle: this is how the main investors of projects in the regions are identified, the projects are agreed with the leaders of the regions, included in the Roadmaps, and the relevant agreements are signed.

4. Increasing the export of processed agricultural products by 2 times (from 1.1 in 2020 to 2.2 billion USD in 2025), through the implementation of export-oriented investment projects, improving cross-border logistics in key export directions, removing barriers and facilitating exports. For exhibition-oriented investment projects, state support is provided for providing concessional loans, subsidies, land resources, infrastructure.

## References

1. Shagayda N. I., Uzun V. Ya. Prodovol'stvennaya bezopasnost' v Rossii: monitoring, tendentsii i ugrozy [Food Security in Russia: Monitoring, Trends and Threats] // Voprosy Ekonomiki. 2015. No. 5. Pp. 63–78. (In Russian.)
2. Informatsionno-analiticheskiy obzor k parlamentским slushaniyam na temu “Voprosy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa” [Information and analytical review for the parliamentary hearings on the topic “Issues of the development of the agroindustrial complex”]. Nur-Sultan: Apparat senata. Informatsionno-analiticheskiy otdel, 2020. 55 p. (In Russian.)
3. Goncharenko L. P., Akulina F. Ekonomicheskaya bezopasnost': uchebnik dlya vuzov [Economic Security: textbook for universities]. Moscow: Yurayt, 2020. 478 p. (In Russian.)
4. Dokholyan S. V., Vartanova M. L. Strategiya razvitiya agrarnoy sfery strany v usloviyakh zameshcheniya importa tovarami otechestvennogo proizvodstva – osnova prodovol'stvennoy bezopasnosti [Strategy for the development of the country's agrarian sphere in the conditions of replacing imports of domestic goods – the basis of food security] // Rossijskoe predprinimatel'stvo. 2017. Vol. 18. No. 12. Pp. 1877–1904. (In Russian.)
5. Nurbekova Sh. K., Akhmedieva M. A. Prodovol'stvennaya bezopasnost' Kazakhstana – Mezhdunarodnyy ekonomicheskii forum [Food Security of Kazakhstan – International Economic Forum] [e-resource]. URL: <https://be5.biz/ekonomika1/r2013/4319.htm> (date of reference: 10.11.2021). (In Russian.)
6. Razvitie sel'skogo khozyaystva Kazakhstana [Development of agriculture of Kazakhstan] [e-resource]. URL: <https://businessmir.kz/2020/03/05/razvitie-selskogo-hozyajstva-kazahstana> (date of reference: 11.11.2021). (In Russian.)
7. Kekchebaev E., Zhakupova G. Marketingovyie issledovaniya sel'skogo khozyaystva Kazakhstana – Ekonomika Kazakhstana [Marketing research of agriculture of Kazakhstan – Economics of Kazakhstan] [e-resource]. URL: <https://marketingcenter.kz/20/rynok-selskoe-khoziaistvo-kazahstan.html#skhapk> (date of reference: 11.11.2021). (In Russian.)
8. Otchet ministra sel'skogo khozyaystva Respubliki Kazakhstan Omarova S. K. pered naseleniem [Report of the Minister of Agriculture of the Republic of Kazakhstan Omarov S. K. before the population] [e-resource]. URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/moa/press/article/details/34455> (date of reference: 12.11.2021). (In Russian.)
9. Itogi 2020 goda: kakaya gospodderzhka byla okazana APK Kazakhstana [Results of 2020: What kind of state support was provided by the APC of Kazakhstan] [e-resource]. URL: [https://www.inform.kz/ru/itogi-2020-goda-kakaya-gospodderzhka-by-la-okazana-apk-kazahstana\\_a3738388](https://www.inform.kz/ru/itogi-2020-goda-kakaya-gospodderzhka-by-la-okazana-apk-kazahstana_a3738388) (date of reference: 13.11.2021). (In Russian.)
10. Dyuzelbayeva G., Malyarenko O. The role of state regulation in the development of the agro-industrial complex of the region (Kostanay region) // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 02 (193). Pp. 70–77.
11. “Gosudarstvennaya programma razvitiya agropromyshlennogo kompleksa RK na 2017–2021 gody” [“The state program for the development of the agro-industrial complex of the Republic of Kazakhstan for 2017–2021”] [e-resource]. URL: <http://mgov.kz> (date of reference: 13.11.2021). (In Russian.)
12. Prilozheniya k Natsional'nomu proektu po razvitiyu agropromyshlennogo kompleksa Respubliki Kazakhstan na 2021–2025 gody [Annexes to the national project on the development of the agro-industrial complex of the Republic of Kazakhstan at 2021–2025] [e-resource]. URL: <https://admin.primeminister.kz/assets/media/prilozhenie-k-natsproekt-apk.pdf> (date of reference: 13.01.2021). (In Russian.)
13. Statisticheskie dannye Komiteta po statistike MNE RK [Statistical data of the Statistical Statistics of the MAN RK] [e-resource]. URL: <http://stat.gov.kz/faces/homePage> (date of reference: 15.11.2020). (In Russian.)
14. Chupina I. P., Mokronosov A. G. Sistemnyy kharakter prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossii [The systemic nature of food security in Russia] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2016. No. 05 (147). Pp. 118–122. (In Russian.)
15. Doklad ministra sel'skogo khozyaystva Respubliki Kazakhstan Omarova S. K. “O razvitiy APK Kazakhstana na 2021–2025 gg.” [Report of the Minister of Agriculture of the Republic of Kazakhstan Omarova S. K. “On the development of APK in Kazakhstan at 202–2025”] [e-resource]. URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/moa/press/article/details/34455> (date of reference: 15.11.2021). (In Russian.)
16. Kopteva L., Romanova I., Kulakova S. V. Problems of meat market in terms of ensuring world's food security // XIII International Scientific and Practical Conference “State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020”. Rostov-on-Don, 2020. Article number 13039.
17. Silaeva L. P., Kul'chikova Zh.T., Barinova E. V. Innovative Development of the Meat Sub-sector Based on the Rational Allocation of Production // Complex Systems Innovation and Sustainability in the Digital Age. 2020. Vol. 1. Pp. 315–324.

**Authors' information:**

Olga I. Malyarenko<sup>1</sup>, candidate of economic sciences, associate professor, ORCID 0000-0002-8272-148X; +7 705 561-92-84, [Malyarenko\\_Olga@mail.ru](mailto:Malyarenko_Olga@mail.ru)

Gulnara M. Kushebina<sup>2</sup>, candidate of economic sciences, associate professor, ORCID 0000-0002-7782-8469; +7 701 343-33-04, [duz\\_77@mail.ru](mailto:duz_77@mail.ru)

<sup>1</sup> Kostanay Branch of Chelyabinsk State University, Kostanay, Republic of Kazakhstan

<sup>2</sup> Kostanay Engineering and Economic University named after. M. Dulatov, Kostanay, Republic of Kazakhstan

## Формирование организационно-экономического механизма диверсификации деятельности фермерских хозяйств

Е. А. Рахимова<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Институт аграрной экономики и развития сельских территорий, Санкт-Петербург, Пушкин, Россия

✉ E-mail: shepeleva.ea@szniesh.ru

**Аннотация.** Основная проблема фермерских хозяйств – их низкая доходность. Решению этого вопроса способствует развитие различных направлений деятельности, включая несельскохозяйственные. Важными являются исследование возможностей развития этого процесса и разработка механизма, позволяющего систематически представить информацию по данному вопросу. **Цель** настоящего исследования – разработка основ формирования организационно-экономического механизма диверсификации деятельности крестьянских (фермерских) хозяйств (К(Ф)Х) на Северо-Западе РФ. **Методы.** При проведении исследования применялись методы анкетирования и интервьюирования, системный подход, методы моделирования и анализа социально-экономических процессов, расчетно-аналитический метод. **Результаты.** Разработана схема организационно-экономического механизма развития диверсификации деятельности К(Ф)Х, отражающая внутренние и внешние условия, необходимые как для запуска процесса диверсификации, так и для его успешного функционирования, а также корректирующие действия, способствующие эффективности деятельности диверсифицированного фермерского хозяйства. Данная схема может быть использована как при обучении начинающих фермеров, так и для повышения квалификации глав и членов действующих К(Ф)Х, а также органами власти всех уровней при разработке политики относительно развития сельских территорий. Это позволит сохранить заселенность сельской местности, а также использовать ее потенциал для роста продовольственной безопасности как региона, так и страны, повысит привлекательность сельских территорий для агротуризма, включая межрегиональный и международный уровень. **Научная новизна.** Сделана систематизация различных подходов ученых к классификации видов диверсификации в сельскохозяйственном производстве, которая помогла углубить исследование особенностей процесса диверсификации в фермерских хозяйствах Ленинградской области. На основе опроса фермеров выявлены причины как сдерживающие развитие диверсификации, так и способствующие ему. Даны определения диверсификации в К(Ф)Х и организационно-экономического механизма развития диверсификации деятельности в К(Ф)Х и предложена схема данного механизма.

**Ключевые слова:** организационно-экономический механизм, виды диверсификации, фермерские хозяйства, Ленинградская область, внутренние и внешние факторы.

**Для цитирования:** Рахимова Е. А. Формирование организационно-экономического механизма диверсификации деятельности фермерских хозяйств // Аграрный вестник Урала. 2022. № 1 (216). С. 92–102. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-92-102.

**Дата поступления статьи:** 08.11.2021, **дата рецензирования:** 15.11.2021, **дата принятия:** 19.11.2021.

### Постановка проблемы (Introduction)

Для выживаемости на рынке многие организации развивают диверсификацию. Современные российские фермерские хозяйства не являются исключением. Интерес представляет изучение особенностей этого процесса в Ленинградской области. Вопросы формирования организационно-экономического механизма развития сельских территорий рассмотрены многими учеными. Научными сотрудниками Северо-Западного научно-исследовательского института экономики и организации сельского хозяйства (СЗНИИЭСХ) проведен анализ организационно-экономического механизма устойчивого развития сельских территорий и

сделаны предложения по его совершенствованию в Северо-Западном федеральном округе [1]. Методические основы организационно-экономического механизма развития интеграции и кооперации в АПК северо-запада разработаны А. А. Дибировым и др. [2]. И. А. Вохмянин предложил организационно-экономический механизм функционирования региональной конкурентной среды [3]. Нами исследованы особенности поддержки хозяйств малых форм со стороны государства в Ленинградской области [4], а также вопросы функционирования локального мини-кластера, включающего хозяйства малых форм [5].

Различные аспекты организационно-экономического механизма развития К(Ф)Х, включая пути решения данного вопроса на материалах конкретных регионов РФ, исследованы рядом российских ученых-аграрников, что было рассмотрено нами ранее [6].

Проблемы развития диверсификации на сельских территориях исследованы рядом ученых. В. Г. Закшевский с соавторами [7] разработали инструменты, позволяющие осуществлять диагностику диверсификации экономики в сельской местности.

Ю. Н. Никулина, Е. В. Серова, Р. Г. Янбых рассмотрели меры поддержки со стороны государства, стимулирующие диверсификацию источников дохода селян [8]. Савенкова О. Ю. изучила роль диверсификации в развитии сельских территорий на принципах социальной ориентированности [9]. Исследований, посвященных вопросу организационно-экономического механизма развития диверсификации на селе, немного. А. И. Фирсов исследовал вопрос совершенствования организационно-экономического механизма диверсификации региональной сельской экономики [10]. С. В. Жубаркин рассматривает диверсификацию как элемент организационно-экономического механизма, обеспечивающего устойчивость территориального развития [11]. И. Н. Меренкова рассмотрела организационно-экономический механизм развития процессов диверсификации на сельских территориях и предложила необходимые для его функционирования инструменты [12]. Кроме того, Н. Г. Маслак [13] разработала организационно-экономический механизм, позволяющий диверсифицировать производство в К(Ф)Х на примере Сумской области Украины.

Вместе с тем нерешенными остаются вопросы формирования механизма запуска процесса диверсификации в фермерских хозяйствах, а также поддержания функционирования таких хозяйств.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод, что тема настоящего исследования нуждается в дальнейшей разработке.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Исследование проводилось с использованием методов социально-экономического анализа, анкетирования и интервьюирования, экономического моделирования, расчетно-аналитического метода.

Таблица 1

#### Виды диверсификации хозяйств, занимающихся сельскохозяйственным производством

Виды диверсификации	Авторы
Связанная (синергетическая) и несвязанная (конгломератная)	Жубаркин С. В. [11], Шафиров В. Г., Васильева И. В., Можаяев Е. Е. [14], Фисак С. А. [15], Кундиус В. А., Ковалева И. В. [16], Родионова О. А. [17], Андрианов А. С. [18], Сайфетдинов А. Р., Пузейчук П. В., Готовской С. Г. [19], Голубов И. [20], Подгорская С. В., Мирошниченко Т. А., Бахматова Г. А. [21]
Родственная и неродственная	Фисак С. А. [15], Родионова О. А. [17], Сайфетдинов А. Р., Пузейчук П. В., Готовской С. Г. [19]
Вертикальная и горизонтальная	Маслак Н. Г. [13], Фисак С. А. [15], Кундиус В. А., Ковалева И. В. [16], Родионова О. А. [17], Андрианов А. С. [18], Сайфетдинов А. Р., Пузейчук П. В., Готовской С. Г. [19], Подгорская С. В., Мирошниченко Т. А., Бахматова Г. А. [21]
Производства и коммерческой деятельности	Маслак Н. Г. [13], Фисак С. А. [15], Голубов И. [20]
Традиционно-инновационная	Андрианов А. С. [18]
Функциональная	Фисак С. А. [15], Голубов И. [20]
Финансовая	Шафиров В. Г., Васильева И. В., Можаяев Е. Е. [14], Сайфетдинов А. Р., Пузейчук П. В., Готовской С. Г. [19], Карпунин М. А. [22]

Разработано автором.

Table 1

#### Types of diversification of farms engaged in agricultural production

Types of diversification	Authors
Associated (synergistic) and unrelated (conglomerate)	Zhubarkin S. V. [11], Shafirov V. G., Vasil'eva I. V., Mozhaev E. E. [14], Fisak S. A. [15], Kundius V. A., Kovaleva I. V. [16], Rodionova O. A. [17], Andrianov A. S. [18], Sayfetdinov A. R., Puzeychuk P. V., Gotovskoy S. G. [19], Golubov I. [20], Podgorskaya S. V., Miroshnichenko T. A., Bakhmatova G. A. [21]
Related and unrelated	Fisak S. A. [15], Rodionova O. A. [17], Sayfetdinov A. R., Puzeychuk P. V., Gotovskoy S. G. [19]
Vertical and horizontal	Maslak N. G. [13], Fisak S. A. [15], Kundius V. A., Kovaleva I. V. [16], Rodionova O. A. [17], Andrianov A. S. [18], Sayfetdinov A. R., Puzeychuk P. V., Gotovskoy S. G. [19], Podgorskaya S. V., Miroshnichenko T. A., Bakhmatova G. A. [21]
Production and commercial activities	Maslak N. G. [13], Fisak S. A. [15], Golubov I. [20]
Traditionally innovative	Andrianov A. S. [18]
Functional	Fisak S. A. [15], Golubov I. [20]
Financial	Shafirov V. G., Vasil'eva I. V., Mozhaev E. E. [14], Sayfetdinov A. R., Puzeychuk P. V., Gotovskoy S. G. [19], Karpunin M. A. [22]

Developed by the author.

### Результаты (Results)

Под *диверсификацией* понимается развитие различных направлений деятельности с целью повышения финансовой устойчивости хозяйства на рынке, повышения его прибыли и рентабельности.

Основные виды диверсификации для хозяйств, занимающихся сельскохозяйственным производством, выделяемые различными учеными, представлены в таблице 1.

С. А. Фисак [15] отождествляет понятия «связанная диверсификация» и «родственная диверсификация». Остальные ученые, указанные в таблице, находят между ними различие.

Под *связанной диверсификацией* понимается производство нового вида продукции, связанного с производимым ранее: например, хозяйство занималось производством растениеводческой продукции и стало заниматься животноводством. Данная диверсификация является неродственной. *Родственная диверсификация* происходит при усилении специализации внутри отрасли (например, выращивание новых видов сельскохозяйственных культур в растениеводстве или новых пород скота в животноводстве; изменение севооборотов, типа кормления животных), она может иметь характер технологического изменения – внедрения переработки продукции. *Несвязанная диверсификация* (она отождествляется всеми вышеуказанными учеными с неродственной диверсификацией) – это выход хозяйства в новые отрасли, например, агротуризм.

Во многих указанных в таблице видах диверсификации могут выделяться *вертикальная и горизонтальная диверсификация*. Так, В. А. Кундиус, И. В. Ковалева [16], О. А. Родионова [17], А. С. Андрианов [18], А. Р. Сайфетдинов, П. В. Пузейчук, С. Г. Готовской [19] выделяют связанную вертикальную и связанную горизонтальную диверсификации. Первый вид диверсификации – это расширение деятельности по цепочке «производство – переработка – торговля», а связанная горизонтальная диверсификация – это расширение производства родственных видов продукции и развитие новых каналов сбыта.

Ряд ученых – С. А. Фисак [15], Н. Г. Маслак [13], И. Голубов [20] – отдельно рассматривают *диверсификацию производства* и *диверсификацию коммерческой деятельности*.

А. С. Андриановым [18] предложена *традиционно-инновационная диверсификация*, заключающаяся

в последовательной смене традиции инновациями, и наоборот.

С. А. Фисак [15] и И. Голубов [20] выделяют *функциональную диверсификацию*, предполагающую создание нового хозяйства, которое будет выполнять для других хозяйств общую функцию эффективнее, чем они это делали самостоятельно.

*Финансовая диверсификация* предполагает различные виды субсидий и кредитных ресурсов. М. А. Карпунин [22] рассматривает показатели финансовой диверсификации, такие как коэффициент бюджетной диверсификации по растениеводству и коэффициент бюджетной диверсификации по животноводству, а также коэффициент кредитной диверсификации, которые определяют интегральный (сводный) коэффициент финансовой диверсификации.

Применительно к фермерским хозяйствам диверсификацию рассматривают зарубежные авторы Т. Верниммен, М. Буржуа, Г. Хайленбрук, Х. Мёртен, Э. Хеке [23], они выделяют *сельскохозяйственную диверсификацию*, при которой фермер перераспределяет свои ресурсы для производства сельскохозяйственных продуктов и оказания услуг, являющихся новыми для данного хозяйства; *структурную диверсификацию*, когда ресурсы, имеющиеся на ферме, перераспределяются в новые несельскохозяйственные виды продукции или услуги; *диверсификацию доходов*, проявляющуюся в перераспределении человеческого капитала в несельскохозяйственную деятельность, приносящую доход (например, работа учителем). А. И. Костяев, Г. Н. Никонова [24] отмечают, что несельскохозяйственные виды деятельности снижают чрезмерную дифференциацию территорий, обеспечивая занятость селян.

С целью выявления особенностей развития диверсификации в К(Ф)Х нами проводился опрос глав фермерских хозяйств, в котором приняли участие 11 фермеров из 7 районов Ленинградской области: Всеволожского, Волховского, Кировского, Гатчинского, Сланцевского, Лужского и Тосненского. В таблицах 2, 3 представлены возраст и образование респондентов. Большинство участников опроса (36 %) – в возрасте 35–45 лет, 18 % – молодые фермеры 20–25 лет, респондентов 45–60 лет тоже 18 %, старше 61 года – 27 %, при этом 64 % имеют высшее и неполное высшее образование, остальные 36 % – среднее профессиональное.

Таблица 2  
Возраст респондентов

Возрастная группа, лет	Количество, чел.	Доля, %
20–25	2	18
26–35	0	0
35–45	4	36
45–60	2	18
61 и старше	3	27
Итого	11	100

Table 2  
Age of respondents

Age group, years	Number of persons	Share, %
20–25	2	18
26–35	0	0
35–45	4	36
45–60	2	18
61 and older	3	27
Total	11	100



Таблица 3  
Образование респондентов

Образование	Количество, чел.	Доля, %
Начальное общее, не имеет образования	0	0
Основное общее (8–9 классов)	0	0
Среднее общее (10–11 классов)	0	0
Начальное профессиональное	0	0
Среднее профессиональное	4	36
Высшее, неполное высшее	7	64
Итого	11	100

Table 3  
Education of respondents

Education	Number of persons	Share, %
Primary general, no education	0	0
Basic general (grades 8–9)	0	0
General secondary (grades 10–11)	0	0
Initial vocational	0	0
Secondary vocational	4	36
Higher, incomplete higher	7	64
Total	11	100

Таблица 4  
Ответы респондентов на вопрос «Почему Ваше крестьянское (фермерское) хозяйство занимается указанными видами деятельности?»

Мотивы (причины)	К(Ф)Х											Доля от числа опрошенных, %	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1. Прибыльная деятельность в условиях К(Ф)Х		+		+	+	+	+		+				55
2. Благоприятные природные условия	+							+		+			18
3. Привычка, традиции семьи				+	+			+		+			36
4. Для обеспечения потребности семьи		+			+			+	+	+			45
5. Это направление для души, прибыльность неважна								+		+			18
6. Возможность получения субсидии		+		+				+			+		36
7. Другое	+		+									+	9

Table 4  
Respondents' answers to the question "Why is your peasant (farm) economy engaged in the specified activities?"

Motives (reasons)	P(F)E											Share of the number of respondents, %	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1. Profitable activity in the conditions of P(F)E		+		+	+	+	+		+				55
2. Favorable natural conditions	+							+		+			18
3. Habit, family traditions				+	+				+		+		36
4. To meet the needs of the family		+			+			+	+	+			45
5. This is a destination for the soul, profitability is not important								+		+			18
6. The possibility of obtaining a subsidy		+		+				+			+		36
7. Other	+		+									+	9

Из 11 глав К(Ф)Х 4 заканчивали курсы фермеров, 6 постоянно участвуют в конференциях и съездах фермеров, 6 получали гранты по одному из направлений: «Начинающий фермер», «Семейная ферма», «Ленинградский гектар», «Агростартап». При этом 67 % респондентов считают, что существующие меры господдержки существенно повлияли на развитие

фермерского хозяйства, 11 % отмечают, что данная поддержка помогает, но не существенно, 11 % государственной поддержкой не пользовались, но планируют в этом году, еще 11% думают воспользоваться поддержкой со стороны государства, но еще не определились со сроками.

Таблица 5

Ответы респондентов на вопрос «Какие причины мешают расширению сфер деятельности Вашего крестьянского (фермерского) хозяйства?»

ЭКОНОМИКА

Причина	К(Ф)Х											Доля от числа опрошенных, %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Отсутствие необходимых земельных угодий			+	+	+			+		+		45,5
Недостаток денежных средств		+	+	+	+	+	+		+	+		72,7
Отсутствие трудовых ресурсов	+	+	+		+		+					45,5
Нет желания, усталость												0
Считаю нецелесообразным												0
Сложность сбыта продукции				+								9
Налоговая нагрузка					+				+			18
Другое (укажите):												
Отсутствие новой техники					+				+			18

Table 5

Respondents' answers to the question "What are the reasons that hinder the expansion of the spheres of activity of your peasant (farm) economy?"

Cause	P(F)E											Share of the number of respondents, %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Lack of required land			+	+	+			+		+		45.5
Lack of funds		+	+	+	+	+	+		+	+		72.7
Lack of labor resources	+	+	+		+		+					45.5
No desire, tiredness												0
I think it is not advisable												0
Difficulty selling products				+								9
The tax burden					+				+			18
Other (specify):												
Lack of new technology					+				+			18

Фермерские хозяйства, принимавшие участие в опросе по развитию диверсификации, распределились следующим образом: 27 % – не диверсифицированные, так как занимаются только одним видом животноводства; 36 % – высокодиверсифицированные, поскольку занимаются производством продукции животноводства и растениеводства (связанная диверсификация), при этом одно хозяйство производит сыр (родственная диверсификация); 27 % производят несколько видов продукции животноводства, 9 % выращивают картофель и овощи (горизонтальная диверсификация).

В таблице 4 представлены ответы на вопрос, почему К(Ф)Х занимается указанными видами деятельности. При этом 55 % опрошенных фермеров в качестве причины назвали прибыльную деятельность в условиях хозяйства, 18 % – благоприятные природные условия, для 36 % деятельность по данным направлениям является привычкой, традициями семьи, 45 % обеспечивают потребности семьи сельскохозяйственной продукцией указанных видов, для 18 % фермеров прибыльность при выборе видов деятельности не важна, 36 % респондентов выбрали указанные виды деятельности в связи с возможностью получения субсидии, 9 % назвали другие причины, среди которых возможность поддержания здоровья.

Из 11 опрошенных глав К(Ф)Х пятеро в перспективе планируют новые виды деятельности. При этом в первом К(Ф)Х предполагаются производство коро-

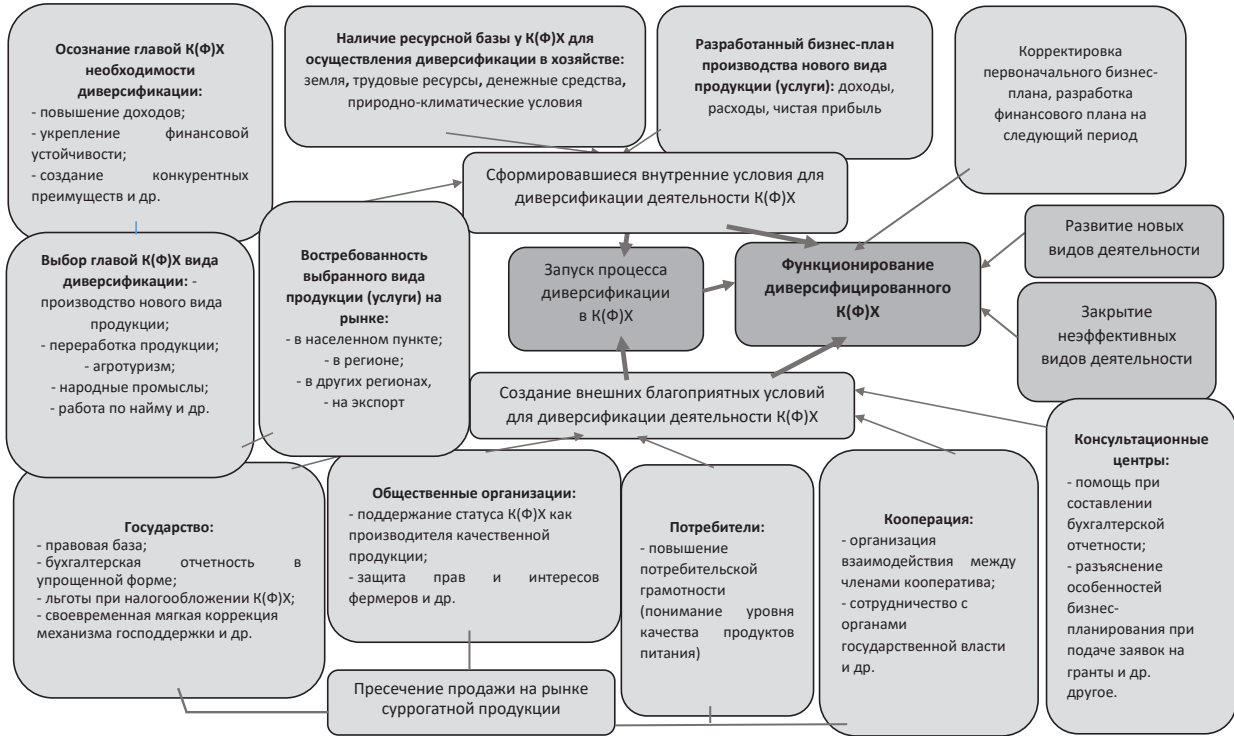
вьего молока, помимо имеющегося производства козьего молока (родственная диверсификация), а также сбор грибов и ягод (связанная диверсификация). Во втором К(Ф)Х наряду с выращиванием кроликов планируются развитие птицеводства, рыбоводства и цветоводства (связанная диверсификация) и агротуризм (несвязанная диверсификация). В третьем К(Ф)Х, которое занимается выращиванием КРС на мясо и производством коровьего молока, планируются разведение овец и коз (родственная диверсификация) и агротуризм (несвязанная диверсификация). В четвертом хозяйстве, выращивающем свиней, кур, овец, коз, картофель и овощи, запланированы пчеловодство (связанная диверсификация), выращивание многолетних трав на сено (родственная диверсификация) и агротуризм (несвязанная диверсификация). В пятом хозяйстве наряду с мясным скотоводством планируется развитие свиноводства (родственная диверсификация).

Можно отметить, что в К(Ф)Х Ленинградской области, участвовавших в опросе, наиболее распространенными являются связанная, несвязанная и родственная диверсификации.

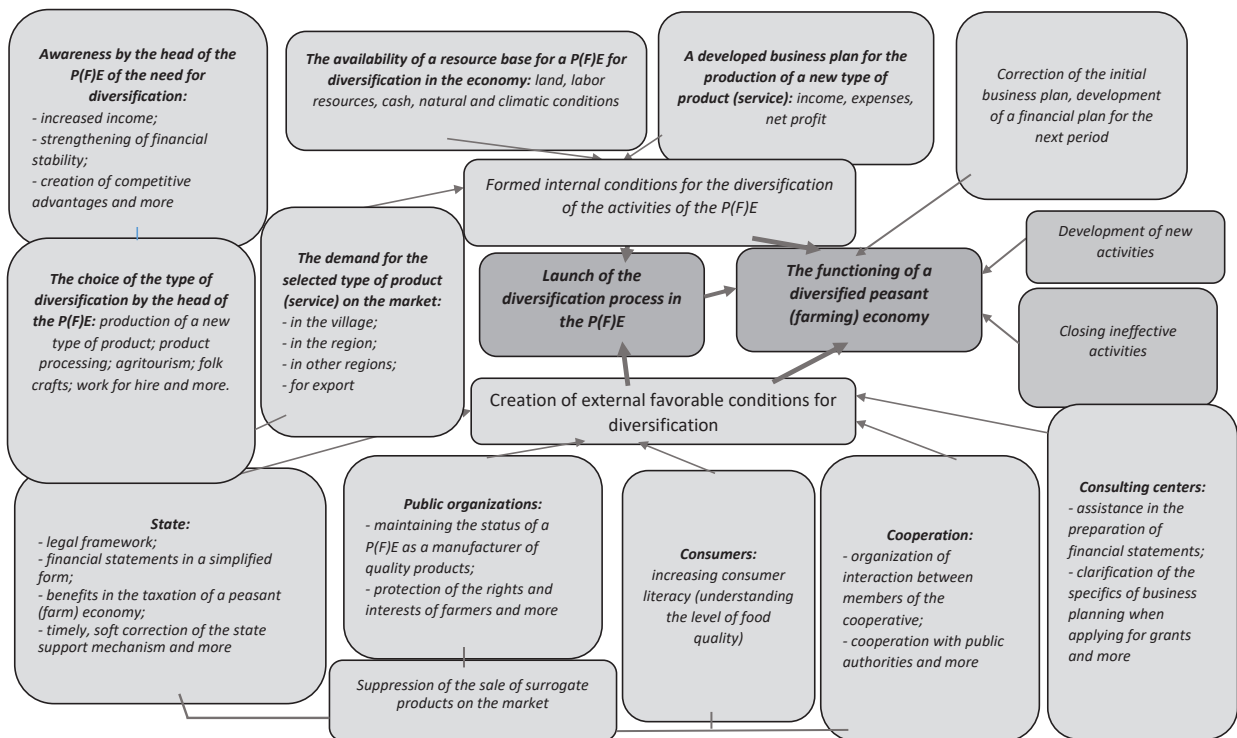
В таблице 5 представлены ответы на вопрос, какие причины мешают расширению сфер деятельности К(Ф)Х. При этом большинство фермеров (72,7 %) указали недостаток денежных средств, 45,5 % – отсутствие необходимых земельных угодий и трудовых

ресурсов, 18 % – налоговую нагрузку, 9 % – сложность сбыта продукции, еще 18 % в качестве другой причины указали отсутствие новой техники. Интервьюирование фермеров позволило выявить, что ситуация с реализацией в последнее время улучшилась благодаря поддержке со стороны органов власти и развития

онлайн-торговли, но для многих хозяйств проблема сбыта остается актуальной. При онлайн-торговле много времени занимает доставка сельскохозяйственной продукции до покупателя, магазины задерживают перечисление денег за проданный товар, часть продукции не реализуется вовремя и портится.



*Рис. 1. Организационно-экономический механизм развития диверсификации деятельности К(Ф)Х*



*Fig. 1. Organizational and economic mechanism for the development of diversification of the activities of P(F)E*

Под *организационно-экономическим механизмом* развития диверсификации деятельности К(Ф)Х в контексте проводимого исследования нами понимаются совокупность процессов, обеспечивающих создание условий для запуска процесса диверсификации в К(Ф)Х и его функционирования, а также система отношений между субъектами хозяйствования, государственными органами, общественными организациями и иными структурами, влияющими на этот процесс и взаимодействующими друг с другом в различных формах. Наличие такого механизма позволяет систематизированно подходить к развитию диверсификации как на уровне отдельного К(Ф)Х, так и с позиции государственных органов, формулирующих политику относительно этих хозяйств.

На рис. 1 представлена схема организационно-экономического механизма развития диверсификации деятельности К(Ф)Х. Для того чтобы в К(Ф)Х применялась стратегия диверсификации, должны созреть внешние и внутренние факторы.

Главным внешним фактором является поддержка со стороны государства: создание необходимой правовой базы, упрощенная форма бухгалтерской отчетности, льготное налогообложение фермерских хозяйств, стимулирование создания кооперативов и их поддержка в виде грантов и субсидий. Также важно развитие инфраструктуры, которая во многих местах находится в ненадлежащем состоянии. Периодически механизм господдержки меняется, нужно, чтобы такие процессы проходили мягко, при своевременном оповещении фермерского сообщества и с учетом их интересов. Например, в 2021 г. была отменена федеральная программа поддержки начинающих фермеров, но в Ленинградской области введена в действие программа «Ленинградский фермер», оказывающая грантовую поддержку начинающим фермерам области.

Важным фактором является внимание к фермерам со стороны различных общественных организаций, которые могут поддерживать статус К(Ф)Х как производителей высококачественной продукции, при необходимости защищать их права и интересы, а также потребительская грамотность населения, поддержка местного производителя. Чем больше покупателей отказывается от приобретения суррогатных продуктов питания, тем быстрее развивается фермерский сектор.

Кооперация на СЗ РФ развита не сильно, хотя со стороны областных органов власти осуществляется поддержка создания и развития кооперативов (выделяются гранты на покупку техники, оборудования). Развитая кооперативная сеть облегчает фермерам внедрение новых направлений в своей деятельности.

Необходимым условием успешного функционирования К(Ф)Х является своевременное пресечение продажи суррогатной продукции (фермерская продукция стоит дороже, и суррогаты существенно подрывают доверие потребителей), что должно осуществляться со стороны как государственных органов, так

и общественных организаций, кооперативов, самих потребителей.

Большое подспорье для фермеров – консультационные центры. В Ленинградской области функционирует Центр компетенций по поддержке сельскохозяйственной кооперации и фермеров, осуществляющий сопровождение в области производственной, финансовой деятельности, маркетинга, продвижения и сбыта сельскохозяйственной продукции и по другим актуальным направлениям. Кроме того, существуют консультационные центры районного уровня.

При благоприятных внешних условиях (поддержка фермерства со стороны государства, общественных организаций, доверия потребителей, развитой кооперации и добросовестной работы консультационных центров) у главы К(Ф)Х может возникнуть идея о возможности диверсификации, если есть необходимость повысить доход, а также укрепить финансовую устойчивость хозяйства, создать конкурентные преимущества для выживания на рынке, выйти в лидеры и удержать эту позицию. Существует несколько направлений диверсификации, фермеру важно выбрать то из них, которое даст желаемый результат. Это может быть производство нового вида продукции, открытие переработки, агротуризм и народные промыслы, привлечение покупателей при помощи разной упаковки, размера партии, возможности приобрести продуктовый набор со скидкой. Диверсификацией дохода является работа по найму.

Выбранное направление диверсификации обязательно должно быть востребовано на рынке. Если это товар или услуга, то нужно, чтобы они пользовались спросом на хотя бы одном, а лучше на нескольких видах рынков.

Кроме того, у К(Ф)Х должно быть достаточно ресурсов для осуществления диверсификации (земельные, денежные, трудовые, соответствующие природные и климатические условия).

При наличии всех вышеперечисленных факторов фермером разрабатывается бизнес-план, включающий прогноз доходов, расходов, чистой прибыли, после чего происходит запуск процесса диверсификации в хозяйстве, периодически осуществляется корректировка деятельности: направления, не приносящие желаемого результата, закрываются, могут добавляться новые виды деятельности, проходя вышеперечисленные этапы.

#### **Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)**

Разработанная схема организационно-экономического механизма развития диверсификации деятельности К(Ф)Х позволяет грамотно запустить этот процесс в хозяйстве и поддерживать его в дальнейшем. Перспективными направлениями для многих К(Ф)Х являются агротуризм и народные промыслы, представляющие собой несвязанную диверсификацию, а также собственная переработка сельскохозяйственной продукции (родственная диверсификация). Возможности развития диверсификации в К(Ф)Х Ленинградской области большие, однако, по резуль-

татам исследования, основными причинами, препятствующими этому процессу, являются отсутствие денежных средств, земельных и трудовых ресурсов, новой техники, налоговая нагрузка, а также доступность сбыта продукции. Для решения этих вопросов необходимы увеличение господдержки действующих К(Ф)Х, а также улучшение инфраструктуры в сельской местности, наличие стабильно работающего ин-

тернета, что будет способствовать закреплению молодого поколения, решая вопрос с обеспеченностью хозяйств трудовыми ресурсами.

#### Благодарности (Acknowledgements)

Автор благодарит фермеров Ленинградской области, участвовавших в анкетировании и интервьюировании, за предоставленную информацию.

#### Библиографический список

1. Костяев А. И., Бойцов А. С., Котляров О. М. Организационно-экономический механизм устойчивого развития сельских территорий Северо-Запада Российской Федерации (анализ и предложения по совершенствованию). Санкт-Петербург, Пушкин, 2010. 62 с.
2. Дибиров А. А., Дибирова Х. А., Морева А. В. Методические основы организационно-экономического механизма развития интеграционных и кооперационных процессов в агропромышленном комплексе СЗФО РФ. Санкт-Петербург, Пушкин, 2017. 87 с.
3. Вохмянин И. А. Разработка организационно-экономического механизма формирования и регулирования развития конкурентной среды в региональной экономике // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2018. Т. 11. № 1. С. 100–115. DOI: 10.15838/esc.2018.1.55.7.
4. Степанова Г. И., Рахимова Е. А., Погодина О. В. Особенности государственной поддержки малых форм хозяйствования в Ленинградской области [Электронный ресурс] // Российский электронный научный журнал. 2017. № 3 (25). С. 5–22. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30554590> (дата обращения: 20.09.2021).
5. Степанова Г. И., Рахимова Е. А., Погодина О. В. Организационно-экономический механизм развития локального мини-кластера с участием малых форм хозяйствования // Молочнохозяйственный вестник. 2017. № 4 (28). С. 197–210.
6. Рахимова Е. А. Подходы к формированию организационно-экономического механизма развития диверсификации деятельности фермерских хозяйств // АПК: экономика, управление. 2021. № 8. С. 15–22. DOI: 10.33305/218-15.
7. Закшевский В. Г., Меренкова И. Н., Новикова И. И., Кусмагамбетова Е. С. Методический инструментальный диагностики диверсификации сельской экономики // Экономика региона. 2019. Т. 15. Вып. 2. С. 520–533. DOI: 10.17059/2019-2-16.
8. Никулина Ю. Н., Серова Е. В., Янбых Р. Г. Анализ инструментов аграрной политики с точки зрения стимулирования сельской занятости // АПК: экономика, управление. 2021. № 10. С. 3–13.
9. Савенкова О. Ю. Стратегия социально-ориентированного развития сельских территорий: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05. Воронеж: Научно-исследовательский институт экономики и организации АПК Центрально-Черноземного района, 2016. 353 с.
10. Фирсов А. И. Совершенствование организационно-экономического механизма диверсификации сельской экономики в регионе // Научное обозрение: теория и практика. 2017. № 5. С. 102–110.
11. Жубаркин С. В. Развитие сельских территорий на основе диверсификации // Вестник Академии экономической безопасности МВД России. 2013. № 1. С. 14–17.
12. Меренкова И. Н. Диверсификация сельских территорий как инструмент развития человеческого капитала // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12. № 3 (62). С. 124–130.
13. Маслак Н. Г. Организационно-экономический механизм диверсификации производства в крестьянских (фермерских) хозяйствах: автореф. ... дис. канд. экон. наук: 08.00.05. Днепропетровск: Днепропетровский государственный аграрный университет, 2000. 23 с.
14. Шафиров В. Г., Васильева И. В., Можаяев Е. Е. К вопросу о диверсификации в агропромышленном комплексе // Фундаментальные исследования. 2019. № 7. С. 131–136.
15. Фисак С. А. Развитие стратегий диверсификации деятельности сельскохозяйственных предприятий (на материалах Алтайского края): автореф. ... дис. канд. экон. наук: 08.00.05. Новосибирск: Сибирский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства Сибирского отделения Российской академии сельскохозяйственных наук, 2005. 23 с.
16. Кундиус В. А., Ковалева И. В. Развитие экологического туризма как стратегия диверсификации экономики сельских территорий // Экономика Профессия Бизнес. 2018. № 1. С. 21–27.
17. Родионова О. А. Активность субъектов малого предпринимательства – инструмент диверсификации сельской экономики // Никоновские чтения. Сельские территории в пространственном развитии страны: потенциал, проблемы, перспективы. 2019. С. 267–269.
18. Андрианов А. С. Диверсификация экономических отношений хозяйствующих субъектов в конкурентной среде: автореф. ... дис. канд. экон. наук: 08.00.01. Казань: Академия управления «ТИСБИ», 2006. 21 с.

19. Сайфетдинов А. Р., Пузейчук П. В., Готовской С. Г. Особенности и приоритетные направления диверсификации производства в сельском хозяйстве // COLLOQUIUM-JOURNAL. 2019. № 3-7 (27). С. 22–23.
20. Голубов И. Методология диверсификации производства в сельском хозяйстве // Агробизнес: экономика – оборудование – технологии. 2011. № 5. С. 15-20.
21. Подгорская С. В., Мирошниченко Т. А., Бахматова Г. А. Современные аспекты диверсификации сельской экономики в условиях цивилизационных трансформаций. Ростов-на-Дону: Изд-во «АзовПринт», 2021. 106 с.
22. Карпунин М. А. Развитие диверсификации в аграрном секторе экономики: автореф. ... дис. канд. экон. наук: 08.00.05. Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт организации производства, труда и управления в сельском хозяйстве Российской академии сельскохозяйственных наук, 2011. 22 с.
23. Vernimmen T., Bourgeois M., Huylenbroeck G., Meert H., Hecke E. Diversification as a Survival Strategy for Marginal Farms an Exploratory Research [e-resource] // International Congress of the European Association of Agricultural Economists. 2002. August 28–31. URL: [https://www.researchgate.net/publication/23509161\\_Diversification\\_as\\_a\\_Survival\\_Strategy\\_for\\_Marginal\\_Farms\\_an\\_Exploratory\\_Research](https://www.researchgate.net/publication/23509161_Diversification_as_a_Survival_Strategy_for_Marginal_Farms_an_Exploratory_Research) (date of reference: 15.07.2021).
24. Костяев А. И., Никонова Г. Н. Развитие процессов территориальной дифференциации аграрного производства Нечерноземья и их современные тренды // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2021. № 4. Т. 14. С. 150–168. DOI: 10.15838/esc.2021.4.76.9.

**Об авторах:**

Евгения Александровна Рахимова<sup>1</sup>, кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0002-2543-3529, AuthorID 480467; +7 960 242-39-10, [shepeleva.ea@szniesh.ru](mailto:shepeleva.ea@szniesh.ru)

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Институт аграрной экономики и развития сельских территорий, Санкт-Петербург, Пушкин, Россия

## Formation of the organizational and economic mechanism of diversification of farming activities

E. A. Rakhimova<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Saint Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Institute of Agricultural Economics and Rural Development, Saint Petersburg, Pushkin, Russia

✉E-mail: [shepeleva.ea@szniesh.ru](mailto:shepeleva.ea@szniesh.ru)

**Abstract.** The main problem of farms is their low profitability; the development of various activities, including non-agricultural ones, contributes to the solution of this issue. It is important to study the possibilities for the development of this process and develop a mechanism to systematically provide information on this issue. **The purpose** of this study is to develop the foundations for the formation of an organizational and economic mechanism for diversifying the activities of peasant (farm) economy (P(F)E) in the North-West of the Russian Federation. **Methods.** During the study, the methods of questioning and interviewing, a systematic approach, modeling and analysis of socio-economic processes, and a calculation and analytical method were used. **Results.** A diagram of the organizational and economic mechanism for the development of the diversification of P(F)E activities has been developed, reflecting the internal and external conditions necessary both for starting the diversification process and for its successful functioning, as well as corrective actions that contribute to the efficiency of the diversified farming. This scheme can be used in training both novice farmers and to improve the qualifications of heads and members of existing P(F)E, as well as by authorities at all levels in the development of policies for the development of rural areas. This will allow maintaining the population of rural areas, as well as using its potential for increasing food security in both the region and the country, will increase the attractiveness of rural areas for agritourism, including the interregional and international level. **Scientific novelty.** A systematization of various approaches of scientists to the classification of types of diversification in agricultural production was made, which helped to deepen the study of the features of the process of diversification in farms of the Leningrad region. On the basis of a survey of farmers, the reasons were identified, both constraining and contributing to the development of diversification. The definitions of diversification in P(F)E and the organizational and economic mechanism for the development of diversification of activities in P(F)E are given and a scheme of this mechanism is proposed.

**Keywords:** organizational and economic mechanism, types of diversification, farms, Leningrad region, internal and external factors.

**For citation:** Rakhimova E. A. Formirovanie organizatsionno-ekonomicheskogo mekhanizma diversifikatsii deyatel'nosti fermerskikh khozyaystv [Formation of the organizational and economic mechanism of diversification of farming activities] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 01 (216). Pp. 92–102. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-92-102. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 08.11.2021, **date of review:** 15.11.2021, **date of acceptance:** 19.11.2021.

### References

1. Kostyaev A. I., Boytsov A. S., Kotlyarov O. M. Organizatsionno-ekonomicheskii mekhanizm ustoychivogo razvitiya sel'skikh territoriy Severo-Zapada Rossiyskoy Federatsii (analiz i predlozheniya po sovershenstvovaniyu) [Organizational and economic mechanism of sustainable development of rural areas of the North-West of the Russian Federation (analysis and proposals for improvement)]. Saint Petersburg – Pushkin, 2010. 62 p. (In Russian.)
2. Dibirov A. A., Dibirova Kh. A., Moreva A. V. Metodicheskie osnovy organizatsionno-ekonomicheskogo mekhanizma razvitiya integratsionnykh i kooperatsionnykh protsessov v agropromyshlennom komplekse SZFO RF. [Methodological foundations of the organizational and economic mechanism for the development of integration and cooperation processes in the agro-industrial complex of the Northwestern Federal District of the Russian Federation]. Saint Petersburg – Pushkin, 2017. 87 p. (In Russian.)
3. Vokhmyanin I. A. Razrabotka organizatsionno-ekonomicheskogo mekhanizma formirovaniya i regulirovaniya razvitiya konkurentnoy sredy v regional'noy ekonomike [Development of an organizational and economic mechanism for the formation and regulation of the development of a competitive environment in the regional economy] // Economic and social changes: facts, trends, forecast. 2018. T. 11. No. 1. Pp. 100–115. DOI: 10.15838/esc.2018.1.55.7. (In Russian.)
4. Stepanova G. I., Rakhimova E. A., Pogodina O. V. Osobennosti gosudarstvennoy podderzhki malykh form khozyaystvovaniya v Leningradskoy oblasti [Features of state support for small businesses in the Leningrad region] // Russian electronic scientific journal. 2017. No. 3 (25). Pp. 5–22. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30554590> (date of reference: 20.09.2021). (In Russian.)
5. Stepanova G. I., Rakhimova E. A., Pogodina O. V. Organizatsionno-ekonomicheskii mekhanizm razvitiya lokal'nogo mini-klastera s uchastiem malykh form khozyaystvovaniya [Organizational and economic mechanism for the development of a local mini-cluster with the participation of small forms of management] // Molochnokhozyaystvenny Vestnik. 2017. No. 4 (28). Pp. 197–210. (In Russian.)
6. Rakhimova E. A. Podkhody k formirovaniyu organizatsionno-ekonomicheskogo mekhanizma razvitiya diversifikatsii deyatel'nosti fermerskikh khozyaystv [Approaches to the formation of the organizational and economic mechanism for the development of diversification of the activities of farms] // AIC: economics, management. 2021. No. 8. Pp. 15–22. DOI: 10.33305/218-15. (In Russian.)
7. Zakshevskiy V. G., Merenkova I. N., Novikova I. I., Kusmagambetova E. S. Metodicheskiy instrumentariy diagnostiki diversifikatsii sel'skoy ekonomiki [Methodological tools for diagnosing the diversification of rural economy] // Ekonomika regiona. 2019. Vol. 15. Iss. 2. Pp. 520–533. DOI: 10.17059/2019-2-16. (In Russian.)
8. Nikulina Yu. N., Serova E. V., Yanbykh R. G. Analiz instrumentov agrarnoy politiki s tochki zreniya stimulirovaniya sel'skoy zanyatosti [Analysis of agricultural policy instruments from the point of view of stimulating rural employment] // AIC: economics, management. 2021. No. 10. Pp. 3–13. (In Russian.)
9. Savenkova O. Yu. Strategiya sotsial'no-orientirovannogo razvitiya sel'skikh territoriy: dis. ... d-ra ekon. nauk: 08.00.05 [Strategy of socially-oriented development of violence: dissertation ... doctor of economic sciences: 08.00.05]. Voronezh: Nauchno-issledovatel'skiy institut ekonomiki i organizatsii APK Tsentral'no-Chernozemnogo rayona, 2016. 353 p. (In Russian.)
10. Firsov A. I. Sovershenstvovanie organizatsionno-ekonomicheskogo mekhanizma diversifikatsii sel'skoy ekonomiki v regione [Improvement of the organizational and economic mechanism of diversification of the rural economy in the region] // Nauchnoe obozrenie: teoriya i praktika. 2017. No. 5. Pp. 102–110. (In Russian.)
11. Zhubarkin S. V. Razvitie sel'skikh territoriy na osnove diversifikatsii [Development of rural areas based on diversification] // Vestnik of Academy of economic security of the Ministry of Internal Affairs of Russia. 2013. No. 1. Pp. 14–17. (In Russian.)
12. Merenkova I. N. Diversifikatsiya sel'skikh territoriy kak instrument razvitiya chelovecheskogo kapitala [Diversification of rural areas as a tool for the development of human capital] // Vestnik of Voronezh State Agrarian University. 2019. T. 12. No. 3 (62). Pp. 124–130. (In Russian.)
13. Maslak N. G. Organizatsionno-ekonomicheskii mekhanizm diversifikatsii proizvodstva v krest'yanskikh (fermerskikh) khozyaystvakh: avtoref. ... dis. kand. ekon. nauk: 08.00.05 [Organizational and economic mechanism of production diversification in peasant (farmer) households: abstract of dissertation ... candidate of economic sciences: 08.00.05] // Dnipropetrovsk: Dnepropetrovsk State Agrarian University, 2000. 23 p. (In Russian.)

14. Shafirov V. G., Vasil'eva I. V., Mozhaev E. E. K voprosu o diversifikatsii v agropromyshlennom komplekse [On the issue of diversification in the agro-industrial complex] // Fundamental research. 2019. No. 7. Pp. 131–136. (In Russian.)
15. Fisak S. A. Razvitie strategiy diversifikatsii deyatel'nosti sel'skokhozyaystvennykh predpriyatiy (na materialakh Altayskogo kraya): avtoref. ... dis. kand. ekon. nauk: 08.00.05 [Development of diversification strategies for agricultural enterprises (based on materials from the Altai Territory): abstract of the dissertation ... candidate of economic sciences]. Novosibirsk: Sibirskiy nauchno-issledovatel'skiy institut ekonomiki sel'skogo khozyaystva Sibirskogo ot-deleniya Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk, 2005. 23 p. (In Russian.)
16. Kundius V. A., Kovaleva I. V. Razvitie ekologicheskogo turizma kak strategiya diversifikatsii ekonomiki sel'skikh territoriy [Development of ecological tourism as a strategy for diversifying the economy of rural areas] // Economics Profession Business. 2018. No. 1. Pp. 21–27. (In Russian.)
17. Rodionova O. A. Aktivnost' sub"ektov malogo predprinimatel'stva – instrument diversifikatsii sel'skoy ekonomiki [Activity of small businesses – a tool for diversifying the rural economy] // Nikonovskie chteniya. Sel'skie territorii v prostranstvennom razvitii strany: potentsial, problemy, perspektivy. 2019. Pp. 267–269. (In Russian.)
18. Andrianov A. S. Diversifikatsiya ekonomicheskikh otnosheniy khozyaystvuyushchikh sub"ektov v konkurentnoy srede: avtoref. ... dis. kand. ekon. nauk: 08.00.01 [Diversification of economic relations of business entities in a competitive environment: abstract of the dissertation ... candidate of economic sciences: 08.00.01]. Kazan: Akademiya upravleniya "TISBI", 2006. 21 p. (In Russian.)
19. Sayfetdinov A. R., Puzeychuk P. V., Gotovskoy S. G. Osobennosti i prioritetye napravleniya diversifikatsii proizvodstva v sel'skom khozyaystve [Features and priority directions of production diversification in agriculture] // COLLOQUIUM-JOURNAL. 2019. No. 3-7 (27). Pp. 22–23. (In Russian.)
20. Golubov I. Metodologiya diversifikatsii proizvodstva v sel'skom khozyaystve [Methodology of diversification of production in agriculture] // Agrobiznes: ekonomika – oborudovanie – tekhnologii. 2011. No. 5. Pp. 15–20. (In Russian.)
21. Podgorskaya S. V., Miroshnichenko T. A., Bakhmatova G. A. Sovremennye aspekty diversifikatsii sel'skoy ekonomiki v usloviyakh tsivilizatsionnykh transformatsiy [Modern aspects of the diversification of the rural economy in the context of civilizational transformations]. Rostov-on-Don: Izdatel'stvo "AzovPrint", 2021. 106 p. (In Russian.)
22. Karpunin M. A. Razvitie diversifikatsii v agrarnom sektore ekonomiki: avtoref. ... dis. kand. ekon. nauk: 08.00.05 [Development of diversification in the agrarian sector of the economy: abstract of the dissertation ... candidate of economic sciences: 08.00.05]. Moscow: Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut organizatsii proizvodstva, truda i upravleniya v sel'skom khozyaystve Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk, 2011. 22 p. (In Russian.)
23. Vernimmen T., Bourgeois M., Huylenbroeck G., Meert H., Hecke E. Diversification as a Survival Strategy for Marginal Farms an Exploratory Research [e-resource] // International Congress of the European Association of Agricultural Economists. 2002. August 28–31. URL: [https://www.researchgate.net/publication/23509161\\_Diversification\\_as\\_a\\_Survival\\_Strategy\\_for\\_Marginal\\_Farms\\_an\\_Exploratory\\_Research](https://www.researchgate.net/publication/23509161_Diversification_as_a_Survival_Strategy_for_Marginal_Farms_an_Exploratory_Research) (date of reference: 15.07.2021).
24. Kostyaev A. I., Nikonova G. N. Razvitie protsessov territorial'noy differentsiatsii agrarnogo proizvodstva Nechernozem'ya i ikh sovremennye trendy [Development of processes of territorial differentiation of agricultural production in the Non-Black Earth Region and their current trends] // Economic and social changes: facts, trends, forecast. 2021. No. 4. T. 14. Pp. 150–168. DOI: 10.15838/esc.2021.4.76.9. (In Russian.)

**Authors' information:**

Evgeniya A. Rakhimova<sup>1</sup>, candidate of economic sciences, associate professor, leading researcher, ORCID 0000-0002-2543-3529, AuthorID 480467; +7 960 242-39-10, [shepeleva.ea@szniesh.ru](mailto:shepeleva.ea@szniesh.ru)

<sup>1</sup> Saint Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Pushkin, Russia



**Учредитель и издатель:**

**Уральский государственный аграрный университет**

**Адрес учредителя, издателя и редакции:**

**620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42**



**Уральский государственный  
аграрный университет**

**Founder and publisher:**

**Ural State Agrarian University**

**Address of founder, publisher and editorial board:**

**620075, Russia, Ekaterinburg, 42 K. Liebkecht str.**

**Подписной индекс 16356 в объединенном каталоге «Пресса России»**

**Редакция журнала:**

*A. V. Ручкин* – кандидат социологических наук, шеф-редактор

*O. A. Багрецова* – ответственный редактор

*A. V. Ерофеева* – редактор

*N. A. Предеина* – верстка, дизайн

**Editorial:**

*A. V. Ruchkin* – candidate of sociological sciences, chief editor

*O. A. Bagretsova* – executive editor

*A. V. Erofeeva* – editor

*N. A. Predeina* – layout, design

Учредитель и издатель: Уральский государственный аграрный университет.

Адрес учредителя, издателя и редакции: 620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.

Ответственный редактор: факс (343) 350-97-49.

*E-mail:* [agro-ural@mail.ru](mailto:agro-ural@mail.ru) (для материалов).

Издание зарегистрировано в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Все публикуемые материалы проверяются в системе «Антиплагиат».

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-12831 от 31 мая 2002 г.

Оригинал-макет подготовлен в Издательстве Уральского аграрного университета.

620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.

Отпечатано в Типографии «Амирит».

410004, г. Саратов, ул. им Чернышевского Н. Г., д. 88, литер У.

Подписано в печать: 10.01.2022 г. Усл. печ. л. 11,86. Авт. л. 10,2.

Тираж: 2000 экз. Цена: в розницу свободная.

